



PIZZOPPA.

NAZIONALE

B. Prov.

BIBLIOTECA

VITT. EM. III

VIII

57

NAPOLI

BIBLIOTECA PROVINCIALE

Armadio

V



Palchetto

Num.° d'ordine

84-e-57

123

4

5

B. Puv

VIII

57



MÉMOIRES

POUR SERVIR

A UNE DESCRIPTION GÉOLOGIQUE

DE LA FRANCE.

PARIS. — IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
rue Racine, n° 4, place de l'Odéon.

5h 1314

MÉMOIRES

POUR SERVIR

A UNE DESCRIPTION GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE,

RÉDIGÉS

PAR ORDRE DE M. LE DIRECTEUR DE L'ADMINISTRATION
GÉNÉRALE DES PONTS ET CHAUSSÉES ET DES MINES,

SOUS LA DIRECTION

DE M. BROCHANT DE VILLIERS,
Inspecteur-général au corps royal des mines, etc.

PAR MM. DUFRÉNOY ET ÉLIE DE BEAUMONT,

Ingénieurs des mines.

TOME TROISIÈME.

PARIS,

F.-G. LEVRAULT, Libraire, rue de la Harpe, n° 81 ;
A STRASBOURG, rue des Juifs, n. 33.

1836.



MÉMOIRE

sur les terrains tertiaires du bassin du midi de la France (1).

Par M. DUFRENOY, ingénieur en chef des mines.

Les terrains tertiaires de Paris, si bien connus par la description que MM. Cuvier et Brongniart en ont donnée, description qui a servi de modèle et de guide aux géologues qui se sont occupés de ces terrains, ne sont cependant pour ainsi dire qu'une exception locale. En effet le retour de formations marines et de formations d'eau douce, que l'on observe dans les collines de Montmartre et de Meudon nese représentent pas au delà de Paris (2). En outre

(1) Ce mémoire est le fruit de voyages que j'ai faits dans les années 1827, 1828 et 1830, les observations les plus importantes qu'il renferme ont été communiquées depuis long-temps à la société géologique, et le texte lui-même a été lu à cette société au mois de mai 1834.

(2) M. C. Prévost a démontré que le retour des formations d'eau douce et des formations marines, est beaucoup plus multiplié que MM. Cuvier et Brongniart ne l'avaient d'abord pensé. Cette alternance a conduit M. Prévost à donner une explication ingénieuse de la formation des terrains tertiaires au moyen d'affluens.

Tome III.

les assises inférieures de ces terrains, qui forment dans le bassin de Paris la partie la plus importante des terrains tertiaires sont presque nulles dans le Midi, tandis que les terrains correspondant au grès de Fontainebleau et à la meulière constituent un vaste manteau qui a recouvert la France presque dans son entier.

Cette assise supérieure des terrains tertiaires possède des caractères fort différens, suivant l'épaisseur que les circonstances locales lui ont permis d'acquérir : cette variation de caractères a été souvent la source de rapprochemens erronés. Lorsqu'elle présente une grande puissance, on trouve, à sa partie inférieure, des couches régulières de combustible qui ont fait croire pendant longtemps que l'argile plastique formait dans le Midi, comme dans le bassin de Paris, la base des formations tertiaires. L'existence du gypse au milieu de marnes d'eau douce, analogues à celles qui accompagnent le plâtre à Montmartre et supérieures aux couches à lignites semblait confirmer ce rapprochement. Les lignites et les gypses furent donc regardés comme des horizons qui servirent à la classification de tous les terrains tertiaires du Midi ; mais la position de ces points de repère ayant été mal établie, on conçoit qu'il a dû en résulter de grandes erreurs dans l'étude des terrains qui leur étaient subordonnés.

Dans les localités où les terrains tertiaires ne forment qu'une couverture ou pour ainsi dire une simple pellicule, la différence entre ces terrains est encore plus remarquable; tantôt ils ne présentent que des amas incohérens de galets quartzeux, d'autres fois ils se composent de dépôts de coquilles brisées, mélangées de polypiers, à la manière des débris que les flots accumulent sans cesse sur nos côtes. Dans quelques circonstances, leur sol est argileux et recèle des minerais de fer, que l'on a supposés pendant long-temps appartenir aux alluvions les plus modernes. Cette grande différence de caractères extérieurs a conduit les personnes qui n'ont étudié que des localités isolées, à admettre dans les terrains tertiaires des rapprochemens et des divisions qui ne s'accordent pas avec les faits étudiés sur une grande échelle.

Différence
entre
les terrains
tertiaires du
midi et ceux
de Paris.

M. Desnoyers, dans un mémoire très-remarquable sur les terrains tertiaires, publié en 1828 (1), a fait justice d'une grande partie de ces erreurs; mais, obligé des'en rapporter pour un assez grand nombre de localités à de simples descriptions, il en a laissé subsister quelques-unes. Néanmoins,

(1) Observations sur un ensemble de dépôts marins plus récents que les terrains tertiaires du bassin de la Seine, et constituant une formation géologique distincte; précédée d'un aperçu sur la non simultanéité des bassins tertiaires. Février 1828.

son travail a été un grand pas dans l'étude des terrains tertiaires dont il a éclairé plusieurs points.

Quelque temps après, M. Boubée a montré que les galets quartzeux qui recouvrent les sommets de la plupart des collines tertiaires des environs de Toulouse appartiennent à une époque différente des argiles qui forment la base de ces collines. Ce travail intéressant a dissipé une partie de l'obscurité qui régnait sur les terrains tertiaires du Midi; seulement, dans mon opinion, M. Boubée, préoccupé d'une idée dominante, a donné une fausse date à ces amas de galets en les décrivant sous le nom de *post-diluvium toulousain*; ces dépôts, placés le plus ordinairement sur le sommet des coteaux les plus élevés, me paraissent appartenir à une époque antérieure à la dernière commotion que le globe a éprouvée, et dont le diluvium est la conséquence.

Enfin M. Deshayes a été conduit par l'étude des fossiles à diviser les terrains tertiaires en trois groupes, dont le bassin de Paris ne présente que les deux inférieurs, tandis que l'étage supérieur est très développé en Italie, où il forme en partie les collines subapennines. L'examen des dépouilles de grands animaux, si nombreuses dans ces terrains, donne des résultats analogues à ceux qui résultent des importantes recherches de M. Deshayes. Dans ce mémoire, je me propose de prou-

ver, par la géologie pure, c'est-à-dire par l'observation seule de la superposition, que les terrains tertiaires du sud-ouest de la France présentent la triple division indiquée par la paléontologie; et je montrerai l'identité complète de ces divisions par l'énumération des fossiles qu'ils contiennent.

D'après le peu de mots qui précèdent, on a dû remarquer que l'étage inférieur des terrains tertiaires est surtout abondant dans les environs de Paris. D'un autre côté, l'étage supérieur n'y existe pas; ces terrains sont donc inégalement répartis sur la surface de la France, et sous ce rapport on peut distinguer deux bassins très-différens. L'un désigné généralement sous le nom de bassin de Paris, auquel se rattachent les terrains tertiaires des environs de Londres; l'autre, qu'on pourrait distinguer par le nom de bassin du Midi, comprendrait les vastes dépôts tertiaires qui forment une bande continue entre Bordeaux et Bayonne, et se prolongent depuis cette dernière ville jusqu'à Nîmes et à Marseille. Les terrains tertiaires de la Suisse et des Alpes, qui ont une puissance si considérable, appartiennent également à ce second bassin; le calcaire d'eau douce de l'Auvergne et du Cantal, les sables et les minerais de fer de la Dordogne, relient d'une manière continue les terrains tertiaires du bassin de Paris à ceux du Midi.

Les terrains
tertiaires
forment
deux bassins
distincts.

Dans ces deux bassins, le terrain tertiaire forme

des horizons géologiques très prononcés; on sait que dans les environs de Paris la formation de craie, sur lequel il repose, a été dénudée avant le dépôt des terrains tertiaires, et que l'argile plastique existe à la fois sur les sommités de ce terrain et dans ses anfractuosités. Dans le Midi la limite est encore plus tranchée, les terrains tertiaires reposent en couches horizontales sur les tranches du terrain de craie; cette séparation paraît constante, du moins en Europe. Sans doute, théoriquement, il pourrait y avoir passage entre les terrains de craie et les terrains tertiaires, mais comme une révolution immense, celle qui a donné naissance à la chaîne des Pyrénées et des Apennins a eu lieu entre le dépôt de ces deux terrains, ce passage n'existe pas; quelques géologues ont cru trouver en Sicile une liaison intime entre des terrains qui nous paraissent si nettement séparés; dans cette localité l'impossibilité de cette fusion entre les deux terrains est encore plus grande que partout ailleurs, l'étage inférieur des terrains tertiaires n'y existant même pas.

Les terrains tertiaires de Paris présentent la succession suivante de formations : 1°. L'argile plastique; 2°. Le calcaire grossier; 3°. La pierre à plâtre; 4°. Le grès marin de Fontainebleau; 5°. Les meulière associées à du calcaire d'eau douce.

Ces différentes formations me paraissent devoir être réunies en deux groupes distincts par les fossiles, et par le temps qui s'est écoulé entre leur dépôt; le premier comprendrait l'argile plastique, le calcaire grossier et la pierre à plâtre: le second se composerait du grès de Fontainebleau et des meulières. L'étage inférieur est aussi très caractérisé par la présence de dépouilles nombreuses de grands animaux de l'ordre des palæothérium, et on pourrait le désigner par groupe des palæothérium.

Division
des terrains
tertiaires en
trois étages

Cette division des terrains tertiaires de Paris, un peu différente de celle adoptée par M. Deshayes, a l'avantage d'être basée à la fois sur la distribution des fossiles, et sur des considérations en rapport avec les révolutions que le globe a éprouvées (1).

Dans le bassin du Midi, l'étage inférieur se montre seulement en quelques points; l'étage moyen y acquiert au contraire une grande puissance, et présente des caractères qui lui sont propres; enfin l'étage supérieur recouvre des surfaces considérables; mais il est presque toujours très mince, et ses caractères lui donnent le plus ordinairement l'aspect d'alluvions avec lesquelles on l'a confondu long-temps; cependant en quelques points ce

(1) Cette division a été indiquée il y a déjà plusieurs années par M. Elie de Beaumont; elle est consignée dans le *Bulletin de la Société géologique* pour 1832.

terrain acquiert une certaine épaisseur. Il contient alors des coquilles nombreuses, et il est complètement identique avec le terrain tertiaire des collines subapennines. La composition de ces terrains conduit naturellement à penser que la profondeur d'eau, sous laquelle ils se sont déposés en France, était généralement très petite; ils ne constituent que des dépôts de rivages tellement agités, que les animaux marins ne pouvaient y subsister, tandis que les mers dans lesquelles se sont formés les fahluns de Perpignan étaient très peuplées.

Sujet de ce
mémoire.

Cette grande différence entre les caractères des terrains tertiaires dans le midi et dans le nord de la France m'a paru intéressante à bien faire connaître; je me propose dans ce mémoire de décrire avec quelques détails les terrains tertiaires de la partie du bassin du Midi comprise entre Bordeaux et le Rhône. Pour compléter l'histoire de ces terrains, et montrer leur liaison intime avec ceux du Nord, je donnerai en outre quelques indications sur plusieurs dépôts du centre de la France.

Forme
du bassin
tertiaire
du Midi.

Le bassin du Midi, considéré dans son ensemble, est extrêmement vaste. Limité au nord par les montagnes anciennes du centre de la France et par celles de la Vendée, il occupe toutes les parties basses de l'Espagne et constitue une grande partie de l'Italie; il s'est moulé sur le sol dont le relief était alors au-dessous des eaux. En ne considérant que

la portion de ce bassin qui fait le sujet de ce mémoire, on peut dire qu'il est allongé de l'est à l'ouest. Déposée postérieurement au soulèvement des Pyrénées, cette chaîne a servi de rivage aux mers dans lesquelles les terrains tertiaires se formaient, et ils se sont déposés de la même manière sur ses deux versans; le bassin du Midi paraît avoir été isolé de celui du Nord, à l'époque où les formations crétacées se sont déposées, à en juger du moins par la différence qui existe entre les corps organisés de ces formations dans la Saintonge et le Poitou, provinces distantes seulement de quelques lieues : mais les deux bassins étaient en communication l'un avec l'autre, à la période géologique qui correspond aux terrains tertiaires, ainsi qu'il résulte de leur continuité depuis Paris jusqu'à Bordeaux. En effet, en consultant la carte géologique de la France, on voit que les formations parisiennes s'étendent jusqu'à la Sologne, dont les plaines presque stériles sont recouvertes de sables tertiaires, lesquels présentent un passage insensible avec les dépôts d'argile ferugineuse et de minerais de fer qui recouvrent la plupart des plateaux calcaires du Poitou et de l'Angoumois. Ces dépôts, actuellement séparés les uns des autres par les nombreuses vallées qui traversent ces provinces, étaient autrefois continus, et établissaient la liaison entre les terrains

tertiaires du nord de l'Europe et ceux du Midi.

Les terrains tertiaires, qui n'occupent qu'une bande étroite depuis Nîmes jusqu'à Bayonne, s'élargissent beaucoup dans la vallée de la Garonne; et la plaine comprise entre l'Adour et la Garonne est formée de ces terrains. Cet élargissement, remarquable par son étendue, l'est encore davantage par les circonstances de sa composition; il paraît que c'est le seul point du vaste bassin du Midi où le calcaire grossier existe. Cette partie inférieure des terrains tertiaires doit former à une certaine profondeur le sol des Landes (*Pl. I, fig. 1*), puisqu'on le voit, aux deux extrémités de cette vaste plaine, venir butter contre les collines de craie de la Saintonge et des Basses-Pyrénées. Peut-être est-ce à un phénomène de soulèvement que l'on doit de ne rencontrer le calcaire grossier que vers les parois de cette espèce de bassin intérieur, car la Garonne semble avoir creusé son lit dans une vaste faille (*Pl. I, fig. 3*); sa rive droite étant bordée de collines dont la hauteur atteint 120 mètres, tandis que sa rive gauche, constamment plate jusqu'aux environs d'Agen, ne s'élève que de quelques mètres au-dessus des eaux (1), et que la hauteur moyenne des Landes est de 45

Vallée
de la Garonne
ouverte dans
une faille.

(1) Pour rendre sensible la différence que j'ai signalée, j'ai réuni dans cette note quelques hauteurs des collines

mètres; cette différence remarquable dans les caractères physiques de la contrée est encore augmentée par la différence dans la nature du sol; ainsi les côtes de Blaye, de Langon et de la Réole sont de calcaire grossier, tandis que le sol plat du Médoc et des Landes est presque partout recouvert de sables de l'âge des terrains subapennins.

I. DES TERRAINS TERTIAIRES INFÉRIEURS.

La partie inférieure du terrain tertiaire, qui présente une diversité assez grande d'assises dans le bassin de Paris et dans les environs de Londres,

de la rive droite de la Garonne, ainsi que celle des points enlignés de la rive gauche.

Les hauteurs marquées d'un astérisque sont extraites de l'ouvrage de M. Puissant, sur la triangulation de la France; les autres, d'un mémoire de M. Deschamps, inspecteur général des ponts et chaussées, sur la canalisation des Landes.

Rive droite.	{	* Saint-André-de-Cubzac.	74 ^m ,99
		* La Pouaïde.	101,59
		* Le Gibault.	124
		* Soubrac.	110,92
Rive gauche.	{	* Bordeaux.	8,16
		* Leogean.	43,67
		* Captieux.	41,94

On doit faire remarquer que Leogean et Captieux sont placés sur des coteaux.

Les Landes sont à la vérité traversées par une petite

est réduite, dans le Midi, à la formation du calcaire grossier. Les caractères de cette formation y sont assez constans. Presque toujours, cette partie du terrain tertiaire est représentée par des couches de calcaire plus ou moins solide, alternant avec des marnes calcaires et quelquefois avec des argiles. Les couches solides renferment beaucoup de fossiles à l'état de moules, ainsi que des milliolites, quelquefois tellement abondantes que le calcaire présente une fausse apparence oolitique. Dans quelques couches les cérîtes (*cerithium lapidum*) sont aussi nombreuses que dans le calcaire à cérîtes des environs de Paris; on voit des couches de cette nature entre Pauillac et Lesparre, dans le Médoc.

chaîne de collines, dont la hauteur moyenne est de 70 mètres; mais ces collines sont distantes de plus de dix lieues des rives de la Garonne, et le terrain monte d'une manière tellement insensible, qu'on ne peut s'en apercevoir que par la direction des petits courans qui sillonnent le sol. Du reste, ces collines elles-mêmes sont formées de terrain tertiaire supérieur, circonstance en rapport avec la supposition que la Garonne coule dans une faille.

Etang de Mimizan communiquant di-

rectement avec la mer. 7^m, 20

Etang de Cazau. 20

Les trois Lagunés. 65

Château de Saint-Magne. 70

La Leyre, près de Sore-le-Ville. 61, 20

Moulin Roger, près de Sabres. 68, 80

Rigole de l'Estampon. 76, 50

Dans une ou deux localités, le calcaire est remplacé par du sable calcaire dans lequel la présence des nummulites et des cérites fournit la principale raison qui conduit à les regarder comme formant la représentation du calcaire grossier.

Pour constater d'une manière certaine l'existence du calcaire grossier, je vais donner la description de plusieurs coupes de ce terrain.

Les côtes de la Gironde, à partir de son embouchure jusqu'à Tonneins, nous montrent successivement les terrains de grès vert, de calcaire grossier, de calcaire d'eau douce et de molasse coquillière; c'est à peu de distance au-dessous de Blaye, entre Talmont et Mortagne, que cesse le terrain de craie et que commence le calcaire grossier. La séparation des deux terrains est marquée par un marais, dont le sol argileux appartient peut-être à la partie inférieure du calcaire grossier, ou au terrain d'alluvion moderne; l'impossibilité de voir une ligne de séparation dans un pays plat et marécageux m'empêche d'avoir une opinion positive sur l'âge de ces argiles. Bientôt après, les escarpemens de calcaire grossier commencent, et toute la côte de la Dordogne jusqu'au delà de Libourne, et celle de la Garonne jusqu'à Marmande, sont formées des couches du calcaire grossier, qui viennent se montrer successivement au jour.

L'escarpement sur lequel est construit la cita

delle de Blaye me paraît composé des plus anciennes couches de cette formation.

Calcaire
grossier
de Blaye.

1. Les couches les plus inférieures, visibles (*Pl. I, fig. 4*) seulement, lorsque la marée est à son point le plus bas, sont composées d'un calcaire tendre sablonneux, contenant une grande quantité de petits galets quartzeux; ce calcaire formé en partie de milliolites, renferme quelques polypiers plats de forme circulaire (*orbitolites plana*), et reconnaissables seulement à une légère trace blanche, présentant des anneaux concentriques. Ils sont identiques avec les empreintes du même genre que l'on observe si fréquemment dans le calcaire grossier de Vaugirard. Des fragmens d'oursins sont, avec les milliolites et les orbitolites, les seuls fossiles que j'ai trouvés dans cette couche inférieure.

2. Immédiatement au-dessus, repose un calcaire dur et très solide; il contient une grande quantité de calcaire spathique servant de ciment aux parties granuleuses dont se compose ce calcaire; ces parties ne sont autre chose que des milliolites, dont le nombre est si grand qu'elles se touchent de tous côtés, et que le calcaire ressemble à de l'oolite; sans le ciment cristallin qui donne de la solidité à cette roche, ce calcaire se désagrégerait facilement et produirait un sable de milliolites.

Le contact de ces deux systèmes de couches est marqué, dans l'escarpement, par une série de cavités plus ou moins grandes, résultant de la désagrégation du calcaire tendre. Au plafond de ces petites grottes, on voit saillir de nombreux fragmens d'ossemens de squales, remarquables par leur compacité et leur dureté ; dans l'escarpement de Blaye, le calcaire dur est peu riche en fossiles : nous y avons recueilli seulement les suivans :

Cerithium lapidum.

—— mutabile.

Ampullaria acuta.

Lucina lamellosa.??

Calyptraea.

Echinolampas stellifera, (Ch. Desmoulins).

Echinis, inédit (*Clypeaster stelliferus*, Lam.).

Orbitolites planâ.

Milliolites, formant la pâte de la roche.

3. Un calcaire tendre et sablonneux, semblable à celui du bas de l'escarpement, mais dans lequel il n'existe pas de galets quartzeux, succède au calcaire dur ; il est épais seulement de 3 pieds.

4. Enfin le calcaire dur revient et forme le haut de l'escarpement sur lequel est construit le château ; ce calcaire contient une grande quantité d'échinites. J'en ai recueilli un assez grand nombre, dans les fossés de la route

qui conduit du Blayé à La Rochelle, et presque au sortir de la première de ces villes.

On observe des couches supérieures à celles de l'escarpement de Blaye dans la route dont nous venons de parler; si l'on continue à marcher vers Mirambeau jusqu'à la hauteur dite de la Garde à Rollon, on traverse toute l'épaisseur du calcaire grossier, et on arrive même à la formation d'eau douce qui la recouvre; pour faire connaître la coupe générale du calcaire grossier à la hauteur de Blaye, nous allons réunir ces couches supérieures à celles que nous venons d'indiquer.

5. Les premières couches que l'on rencontre au-dessus du calcaire dur avec oursins, sont composées d'un calcaire grossier peu homogène et très caverneux, il contient des parties tendres et d'autres très dures; les milliolites sont répandues avec une grande profusion dans l'une et dans l'autre; mais ces fossiles sont surtout abondans dans les parties solides qui doivent ce caractère à du calcaire ordinairement spathique. Ces couches caverneuses sont très-riches en fossiles.

6. Au dessus, on rencontre un calcaire marneux dans lequel l'argile forme des plaques plus ou moins larges de couleur verdâtre; ce calcaire contient une grande quantité de galets; leur présence nous a fait hésiter long-temps si nous devions le réunir au calcaire grossier ou à la

mollasse qui le recouvre; mais dans cette localité, toute la mollasse est d'eau douce; en outre, les fossiles disséminés dans cette couche sont les mêmes que dans la précédente; seulement elle est remarquable par la présence d'une grande quantité de petites huîtres encore plus abondantes dans la couche suivante.

7. La formation de calcaire grossier est terminée par une couche mince (8 à 10 pouces) de marne verteschisteuse, contenant une grande quantité d'huîtres. Nous verrons dans plusieurs localités cette couche particulière se retrouver à la partie supérieure de la formation de calcaire grossier; partout elle annonce le contact prochain de la formation d'eau douce; cette marne a la plus grande analogie avec les marnes vertes de Montmartre. Une circonstance remarquable, c'est qu'elle contient quelques rognons de gypse et de strontiane sulfatée; du reste, nous devons prévenir que le gypse n'est qu'un accident très rare dans cette formation; la véritable position de la pierre plâtre, dans le bassin du Midi, est au milieu du second étage des terrains tertiaires.

Le calcaire grossier de Blaye et des environs renferme une grande variété de fossiles; j'en ai récolté un assez grand nombre; mais pour rendre mon travail plus complet, j'ai prié M. Ch. Desmoulins, de Bordeaux, qui s'occupe depuis

plusieurs années de la conchyliologie du département de la Gironde, de me communiquer les noms des principales coquilles de ce pays; il a outrepassé mes désirs en m'en adressant une liste presque complète des fossiles bordelais, dont une grande partie sont inédits; j'avais quelque scrupule de me servir d'un travail si intéressant, mais j'ai pensé que sa publication serait utile à la science, et qu'elle assurerait à M. Desmoulins la priorité, pour le travail descriptif qu'il se propose depuis long-temps de publier.

Fossiles du calcaire grossier des escarpemens de la rive droite de la Gironde, entre Blaye et Plassac, et de sa rive gauche depuis Pauillac jusqu'à la mer.]

NOMS DES ESPÈCES.	Étages tertiaires dans lesquels ces fossiles sont connus.
Scutella nummularia, de France.	»
— lenticularis, Lamarck.	»
— polygona, Ch. Desmoulins. (1)	»
— marginalis, Ch. Desm. (2)	»
Fibularia scutata, Ch. Desm. (3)	»
— affinis, Ch. Desm.	»
Echinus elegans, Ch. Desm.	N.
— gacheti, Ch. Desm.	N.

(1) Echinid. inedit.

(2) Var. a angulata, et var. b. ovalis.

(3) (Echinoneus scutatus, Goldfuss. Scutella occitana, de France. Scutella ambigua, Encycl. méth.

Echinolampas affinis, Ch. Desm. (1)	"
— ovalis, Ch. Desm. (2)	"
Spatangus acuminatus, Goldfuss.	Inf.
— grignonensis, Desmarest.	Inf.
Clavagella coronata, Deshayes.	Inf.
Fistulana, 1 espèce non déterminée.	
Pholadomya margaritacea? Sow.	N.
Crassatella tnmida, Lam.	Inf.
Tellina biangularis, Desh.	N.
Corbis pectunculus, Lam.	Inf.
Lucina fortisii? Desh.	N.
— 2 esp. non déterminées.	"
Cytherea, 2 espèces non déterminées.	"
Venericardia cardita?	N.
Cardium, 3 espèces non déterminées.	"
Arca biangola, Lam.	Inf. 1
— scapulina, Lam.	N.
Nucula placentina, Lam.	I.m.ets.
Modiola, 1 espèce non déterminée.	"
Pecten imbricatus, Desh.	N.
— multistriatus, Desh. (3)	N.
Vulsella deperdita? Lam.	"
Ostrea crenulata? Lam.	"
Anomia tennistriata, Desh.	"
— orbicularis,	"
— profunda.	"
Ostrea crassissima, Lam.	"
Patella? (4)	"
Calyptræa trochiformis, Desh.	"
— lamellosa? Desh.	"
Pileopsis cornucopia, Lam.	"

(1) (Clypeaster affinis. Goldfuss.)

(2) (Galerites ovalis. Valenc.)

(3) (Un peu plus grand qu'à Paris.)

(4) (An Pileopsis ?)

<i>Bulla</i> , 2 espèces non déterminées.	
<i>Natica</i> , 1 espèce non déterminée.	
<i>Ampullaria</i> , <i>id.</i>	
<i>Delphinula scobina</i> ? Basterot.	
<i>Trochus agglutinans</i> , Lam. (1)	Inf.
— 2 espèces non déterminées.	
<i>Cerithium giganteum</i> , Lam. (2)	Inf.
<i>Fusus</i> , 1 espèce.	
<i>Rostellaria fissurella</i> , Lam.	Inf.
— 1 espèce non déterminée.	
<i>Voluta musicalis</i> ? Lam.	Inf.
<i>Terrebellum convolutum</i> ? Lam.	Inf.
<i>Milliolites</i> qui paraissent semblables à celles de Paris, entre autres le <i>M. coranguinum</i> , Lam.	Inf.

Environs de
Saint-Emilion.

En remontant la Dordogne on trouve le calcaire grossier jusqu'au delà de Libourne; seulement il est caché fréquemment par la mollasse qui remplit les dépressions des terrains tertiaires inférieurs. Cette circonstance établit une véritable discordance de stratification entre ces deux terrains (*Pl. I, fig. 2*), et montre, mieux que toute autre disposition, qu'un espace de temps assez long s'est écoulé entre le dépôt de calcaire de Blaye et la mollasse d'eau douce qui le recouvre. Cette superposition est d'accord avec l'étude des fossiles pour établir l'identité du calcaire de Blaye et du calcaire grossier de Paris.

La ville de St.-Emilion, placée sur une hauteur,

(1) (An *trochus Benettii*? Bast.)

(2) (A l'état de moule.)

et célèbre à Paris par ses bons vins , l'est également depuis long-temps dans le pays par ses carrières souterraines , presque aussi étendues que celles de Montrouge ; elles ont fourni la pierre de taille qui a servi à la construction de la plupart des petites villes qui bordent la Dordogne et l'Ille. La ville de Bordeaux elle-même a été , pendant long-temps , chercher ses pierres de construction à St.-Émilion. Les pierres que fournissent ces carrières sont tendres , se laissent facilement scier , de sorte que sur place les pierres équarries d'un pied de côté sur deux pieds de long ne se vendent pas au-delà de 0 fr. 75 c. ; cette pierre est , au reste , de qualité inférieure , et se dégrade assez promptement ; mais à une demi-lieue au plus de St.-Émilion , on exploite à Montagne un calcaire très-dur , remarquable par la quantité de polypiers qu'il contient ; on y trouve aussi beaucoup d'empreintes et de moules d'autres coquilles également caractéristiques du calcaire grossier.

Les carrières de Saint-Émilion sont placées à peu près à la limite inférieure du calcaire grossier : la craie qui forme une vaste ceinture à peu de distance de la Dordogne se montre bientôt ; on ne retrouve plus alors que les terrains tertiaires moyens qui la recouvrent en beaucoup de points.

La vallée de la Garonne , dont la direction tire

beaucoup plus vers le sud que celle de la Dordogne, ne coupe pas le terrain de craie dans la partie supérieure de son cours. Sa rive droite est bordée d'escarpemens de calcaire grossier jusqu'aux environs de Marmande, où cette formation vient se cacher sous l'étage moyen des terrains tertiaires. Les premières coupes intéressantes que l'on voit en remontant la Garonne sont celles de Langon et de Saint-Macaire. Les nombreuses exploitations ouvertes dans ces deux localités presque contiguës et dont les produits sont exportés sur une grande longueur du fleuve, offrent la facilité d'étudier le terrain, et surtout les nombreux fossiles qui y sont contenus.

1. Les carrières de Saint-Macaire (1), situées sur la rive droite de la Garonne, sont placées un peu en avant de l'escarpement qui borde cette rive, lequel est environ à 500 toises du fleuve. Elles sont au niveau du sol, et forment par conséquent les couches les plus inférieures que l'on puisse étudier dans cette localité (*Pl. I, fig. 5*). Le calcaire y est très solide, composé d'un grand nombre de

(1) L'exploitation des carrières de Saint-Macaire a fait connaître une grotte, dans laquelle on a trouvé un grand nombre d'ossemens fossiles. M. Billaudel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a fait connaître ces ossemens dans un mémoire inséré dans les Transactions de la société linéenne de Bordeaux

milliolithes et de moules de coquilles cimentées par du calcaire spathique; son aspect général est assez semblable à celui du calcaire grossier inférieur de Vaugirard. La solidité de ce calcaire en rend la taille difficile et coûteuse; mais il résiste très bien à la gelée et à une grande pression. Les piles du pont de Bordeaux sont construites avec ce calcaire; c'est surtout depuis l'époque où cet utile monument a été entrepris que les carrières de Saint-Macaire ont pris de l'extension; la pierre de Saint-Macaire est maintenant en grand usage à Bordeaux pour la construction des fondations et des soubassements des maisons de quelque importance.

2. Le calcaire de Langon est au contraire tendre et peu solide; il est analogue à celui de Saint-Emilion; on peut facilement le débiter à la scie sèche, ce qui rend son emploi très-économique. Les carrières de Langon sont placées sur la rive gauche de la Garonne, presque en face de Saint-Macaire. Le calcaire exploité dans cette dernière localité ressort sur les bords de la rivière, de sorte qu'on voit la superposition immédiate du calcaire de Langon sur le calcaire de Saint-Macaire. Le calcaire de Langon contient peu de fossiles, les milliolithes y sont encore fort abondantes. On y trouve aussi une grande quantité de scutelles (*scutella subtetragona* ?) Les carrières de Langon même

sont peu importantes ; mais cette petite ville étant un des points principaux d'embarquement , on donne le nom de calcaire de Langon à presque toutes les pierres de taille exploitées sur la rive gauche de la Garonne. On retrouve ce calcaire dans les escarpemens de la rive droite, il en forme la partie inférieure. A une très petite distance de Saint-Macaire , en remontant la Garonne, on voit le prolongement des couches du calcaire de Langon recouvert par des couches d'argile que nous n'avons pas encore eu l'occasion de mentionner. Ces argiles sont exploitées à une demi-lieue au-dessus de Saint-Macaire.

3. Au-dessus du calcaire tendre que l'on voit seulement à fleur d'eau , on trouve une couche d'argile blanche très-pure (*Pl. I, fig. 6*), qui peut avoir trois pieds de puissance. Elle est exploitée pour la fabrication de la poterie ; cette circonstance et sa pureté lui ont fait donner le nom d'argile plastique, mais elle ne correspond pas exactement à l'argile plastique de Paris, qui forme la couche la plus inférieure des terrains de Paris ; du reste, l'argile plastique fait évidemment partie du calcaire grossier, et il est naturel de voir plusieurs assises de cette argile alterner avec le calcaire grossier proprement dit.

4. Une assise de marnes jaunâtres maculées de rouge succède à la couche d'argile plastique.

Couches
d'argile dans
le calcaire
grossier.

Ces marnes sont sèches au toucher, ne font point pâte avec l'eau, et se délitent à l'air en très peu de temps. Elles contiennent quelques moules rares de vénéricardes et des huitres peu nombreuses.

5. Au-dessus, on exploite pour la fabrication des briques une argile très-pure mais assez fortement colorée en rouge.

6. Des argiles jaunâtres, maculées de parties rouges, complètent cette série argileuse, qui forme à peu-près le tiers de l'escarpement, et peut avoir 12 à 15 mètres de puissance. Ces argiles, faisant légèrement effervescence, ne sont pas employées pour la fabrication des briques.

On ne voit les différentes couches argileuses dont nous venons de donner l'énumération que dans les points où des exploitations les mettent à nu ; par leur nature, elles donnent rarement lieu à des escarpemens naturels : elles forment presque toujours une avance ondulée au pied des escarpemens du calcaire supérieur, et elles sont presque constamment recouvertes par une accumulation de sables et de galets qui s'élèvent quelquefois à la hauteur de 40 à 50 mètres au-dessus des bords de la Garonne, élévation qui nous fait supposer que ces galets ne peuvent pas être rangés dans les terrains d'alluvion proprement dits, c'est-à-dire dans ceux qui sont postérieurs à la dernière révolution que le globe a éprouvée.

7. Une série de petites couches de marnes et de calcaire analogue au calcaire de Langon succède immédiatement aux argiles. Les couches calcaires sont presque toutes exploitées pour moellons; leur exploitation a lieu par galeries horizontales, dont la hauteur est celle du banc de pierre. Cette circonstance permet de juger, même de loin, de l'alternance des couches solides et des marnes, par la disposition en étage des excavations qui se dessinent sur la déclivité des escarpemens. Ce calcaire est argileux; on n'y distingue plus cette grande multitude de milliolites si remarquable dans les couches les plus inférieures du calcaire grossier; on y trouve beaucoup de polypiers et de petits coraux; il y a en outre quelques moules de coquilles turritellées, principalement des cérîtes (*C. lapidum, gigant.*), des buccins et des volutes.

8. Enfin la sommité de cet escarpement est recouverte par un calcaire solide, caverneux, mélangé irrégulièrement de parties tendres, circonstance qui, jointe à sa dureté, le rend peu propre à fournir des pierres de taille: il est exploité pour moellons. Ce calcaire renferme une grande quantité de milliolites, ainsi que de moules de fossiles assez variés. Sauf les parties tendres qui existent dans ce calcaire, il présente une analogie complète avec le calcaire de Saint-Macaire et celui de Blaye,

qui appartient aux couches les plus inférieures du calcaire grossier des environs de Bordeaux.

Nous avons annoncé que le calcaire grossier se trouve presque exclusivement sur la rive droite de la Garonne; cependant, entre Langon et Castres, on le voit en beaucoup de points sur la rive gauche, notamment à Bazas, Preignac, Barsac, Cerons, Podensac, Virelade, Arbenatz, Portets et Beau-Tiran; dans la plupart de ces localités, le calcaire est analogue à celui de Langon; mais dans quelques-unes, notamment à Virelade, il est le même qu'à St.-Macaire. La présence du calcaire grossier sur la rive gauche de la Garonne n'infirme pas la supposition que nous avons faite d'une grande faille qui aurait servi de lit à ce fleuve; on voit bien, il est vrai, le même terrain sur les deux rives; mais il est loin d'atteindre la même hauteur. En effet le calcaire ne forme pas d'escarpemens du côté de Langon (*Pl. I, fig. 5*), à peine s'il y constitue quelques buttes de 8 ou 10 mètres de hauteur. Dans la plupart de ces localités, il ne se montre que dans le lit des ravins, où le terrain tertiaire supérieur a été enlevé par la dénudation, ou lorsqu'il a été mis à découvert par des exploitations.

Les calcaires de Saint-Macaire et de Virelade sont fort riches en fossiles; pour ne pas faire de répétitions, je réunirai, dans la liste suivante, le

Rive gauche
de la Garonne.

nom des principaux fossiles qui existent dans les différentes carrières des environs de Langon et de Saint-Macaire, dont les calcaires sont contemporains. Cette liste m'a été communiquée par M. Ch. Desmoulins.

Fossiles du calcaire grossier de Saint-Macaire, Langon et Viredale.

	Assises tertiaires dans lesquelles les fossiles ont été trouvés
Asterias lævis, C. Desmoulins.	"
Scutella bioculata, Ch. Desm.	"
— subrotunda, Ch. Desm.	"
— faujasii, de Fr.	"
Fibularia scutata, Ch. Desm.	"
— ovata. Ch. Desm. (Echinoneus ovatus, Goldf.)	"
Cassidulus nummulinus, Ch. Desm.	"
— porpita, Ch. Desm.	"
Echinus pusillus, Munster.	Inf.
Echinolampas oviformis, Ch. Desm. (Clypeaster oviformis, Lam.)	"
— ovalis. (Galerites ovalis. Valen. Encycl. méth.)	"
Spatangus acuminatus, Goldfuss.	Inf.
Serpula.	"
Balanus, 2 esp.	"
Gastrochæna, 1 esp.	"
Clavagella.	"
Solecortus basterotii, Ch. Desm.	"
— strigilatus, Bast.	"
Panopea faujasii, Bast.	N.
Pholadomya, 1 esp.	"
Nactra deltoïdes, Lam. (M. triangula? Bast.)	N.
Crassatella tumida, Lam.	Inf.

<i>Corbula revoluta</i> , Bast.	Inf.
<i>Tellina patellaris</i> , Lam.	"
— <i>biangularis</i> , Desh.	"
— quelques espèces non déterminées.	"
<i>Lucina gigantea</i> , Desh.	"
— <i>columbella</i> , Lam.	Moy.
— <i>divaricata</i> , Lam.	"
— (quelques espèces non déterminées.)	"
<i>Cytherea</i> ; quelques esp. non déterminées.	"
<i>Venus corbis</i> , Lam.	"
— <i>radiata</i> Brocchi.	"
— quelques espèces non déterminées.	"
<i>Corbis pectunculus</i> , Lam.	Inf.
<i>Cardium discrepans</i> , Bast.	Moy.
— <i>Telluris</i> ?? Lam.	"
— esp. non déterminée.	"
<i>Cardita hippopæa</i> , Bast.	"
— (an penericardia ?)	"
<i>Isocardia</i> . (Esp. inéquivalve d'Orbigny père.)	"
<i>Arca scapulina</i> , Lam.	"
— <i>quadrilatera</i> , Lam.	"
<i>Pectunculus pulvinatus</i> .	Inf.
— <i>Cor.</i>	Inf.
<i>Chama gryphoïdes</i> , Bast.	"
<i>Modiola lithophaga</i> , Lam.	"
— 2 autres esp. non déterminées.	"
<i>Mytilus</i> , 1 esp. non déterminée.	"
<i>Lima glacialis</i> , Lam.	"
<i>Pecten billandellii</i> . Desm.	"
— 4 esp. non déterminées.	"
<i>Ostrea Flabellula</i> .	Inf.
— <i>cymbula</i> , Lam.	"
— <i>undata</i> .	I. et mo-
— <i>virginica</i> .	Sup.
<i>Anomia</i> , très petite esp.	"
<i>Crania abnormis</i> ! Al. Brong.	"

Patella? (an pileopsis?)	"
Emarginula, 1 esp. non déterminée.	"
Fussurella clypeata, Grateloup.	"
— 1 esp. non déterminée.	"
Calyptræa, 1 esp. non déterminée.	"
Pileopsis, 1 esp. non déterminée.	"
Hipponix granulatus, Bast.	"
Bulla, plus. petites esp.	"
Natica millepunctata, Lam. (N. stercusmusca- rum; Bruq. Encycl. N. patula, Sow. N. canrena, Bast. non Lam.)	I et mo.
Ampullaria maxima? Lam.	"
Tornatella, 1 espèce non déterminée.	"
Delphinula scabina, Bast.	"
— marginata, Lam.	"
— sulcata ou striata? Lam.	"
Solarium, 1 esp. non déterminée.	"
Trochus benettii, Sow.	N.
— sulcatus, Lam.	N.
— 1 esp. qui est peut-être Tr. variabilis	"
Defr. semicostulatus, Lam.	"
Monodonta?	"
Turbo parkinsoni, Bast.	Inf.
— une grande esp. CCC non déterminée.	"
Phasianella turbinoides, Lam.	N.
Turritella cathedralis, Brong.	I et mo.
— Turris, Bast.	I et mo.
Cerithium papaveraceum, Bast.	N.
— granulosum, Bast.	N.
— giganteum.	Inf.
Cerithium Lapidum, Lam.	Inf.
— plusieurs espèces non déterminées.	"
Tarbinella? 1 gr. esp.	"
Fusus?	"
Cassis, 1 espèce non déterminée.	"
Buccinum, id.	"

<i>Voluta affinis</i> , Brong. (<i>V. ambigua</i> , Lam.)	Inf.
<i>Marginella ovulata</i> ? Lam.	"
— <i>eburnea</i> ? Lam.	"
<i>Terebellum convolutum</i> , Lam.	"
<i>Oliva clavula</i> ? Lam.	"
— 1 autre esp.?	"
<i>Conus deperditus</i> , Lam.	Inf.
<i>Milliolites</i> , plusieurs espèces.	Inf.
<i>Nummulites</i> .	Inf.
<i>Orbitolites plana</i> .	
<i>Nautilus pompilius</i> , Lam. Il est probable que cette espèce est un peu dist. de la vivante.	N.

Le calcaire grossier se prolonge peu au-delà de la Réole : on voit les couches supérieures s'abaisser successivement, et disparaître sous le terrain tertiaire moyen à Mongange, à moitié chemin environ de la Réole et de Tonneins. Le coteau qui domine la première de ces villes, et sur lequel sont situés les moulins à vent de Mirail (*Pl. I, fig. 7*) est couronné par du calcaire d'eau douce; cette localité est une des meilleures pour bien constater la superposition du terrain moyen sur le terrain tertiaire inférieur, circonstance que nous avons déjà fait remarquer aux moulins de la Garde à Rollon près de Blaye. La position relative de ces deux terrains tertiaires ne se voit pas seulement à la montée de la Réole, mais en différents points du vaste plateau qui domine cette partie de la vallée de la Garonne. Le calcaire d'eau douce forme un véritable chapeau qui recouvre tout le pays,

Calcaire d'eau douce, sur le calcaire grossier, près de la Réole.

et le calcaire grossier se montre au jour dans les dépressions nombreuses qui le sillonnent. Il n'est pas besoin de trouver des fossiles pour s'apercevoir de la différence des deux terrains : l'aspect seul du pays suffit pour les distinguer ; et la couleur blanche que le calcaire d'eau douce communique à la terre végétale décèle son existence.

Outre l'intérêt qui résulte de la superposition que nous venons d'annoncer, la montée de la Réole est encore un point utile à étudier ; on y voit les couches supérieures de la formation du calcaire grossier, couches qu'il serait quelquefois difficile de distinguer par les caractères extérieurs de la mollasse coquillière, laquelle appartient aux terrains tertiaires moyens et recouvre constamment le calcaire d'eau douce.

1. Les couches inférieures de la montée de la Réole, du côté de Tonneins, sont composées d'un calcaire très sablonneux, contenant une grande quantité de petits galets quartzeux, qui lui donnent de l'analogie avec certaines couches de mollasse coquillière ; seulement ces dernières ont en général moins de solidité et ne contiennent pas de *milliolites*, fossiles si fréquens dans les couches que nous décrivons.

2. Immédiatement au-dessus, on trouve dans le sentier qui conduit aux moulins de Mirai

des marnes verdâtres plus ou moins mêlées de sable; tantôt elles sont presque entièrement pures, et se délitent alors en plaques schisteuses, tantôt elles sont mêlées d'une assez grande quantité de petits galets quartzeux. Ces marnes contiennent beaucoup de coquilles à l'état de moules peu distincts; elles sont surtout remarquables par le grand nombre de petites huitres qu'elles renferment. Ces marnes sont analogues à celles que nous avons déjà citées entre Blaye et Mirambeau, dans la partie supérieure du calcaire grossier. Leur épaisseur est au plus de 6 pieds, mais la facilité avec laquelle elles se délitent les fait distinguer des couches calcaires.

3. Ces marnes sont recouvertes par une série de couches, ou plutôt d'amas calcaires très solides, associés avec du sable siliceux. Ces masses calcaires sont aplaties; elles se fondent dans le sable, et comme elles contiennent une grande quantité de grains siliceux : on peut les regarder comme de vastes septaria formés par des filtrations calcaires qui ont eu lieu lorsque les couches supérieures se déposaient. Ces amas calcaires contiennent peu de fossiles; ils sont presque également distribués dans les parties calcaires et les parties sablonneuses.

4. En continuant à s'élever vers la partie supérieure du plateau, on trouve des couches de cal-

caire très solide, formé comme celui de Blaye, par une grande quantité de milliolites cimentés par du calcaire spathique; il contient en outre beaucoup de polypiers, des coraux, des moules de fossiles, souvent trop indistincts pour qu'on puisse en reconnaître même les genres, et une grande quantité des mêmes petites huitres que je viens de signaler dans les marnes n° 2. Ces huitres établissent une liaison intime entre toutes les couches que l'on voit dans la montée de la Réole: elles procurent souvent un point de repère précieux pour déterminer si des couches appartiennent au calcaire grossier ou à la mollasse coquillière.

Les couches n° 3 et 4 fournissent d'excellens moellons: leur dureté, empêche de les exploiter pour pierres de taille.

5. Au-dessus existe une couche puissante d'argile sableuse, contenant beaucoup d'huitres d'espèces variées, en général assez petites, dont plusieurs ne sont pas encore connues. Cette argile contient en outre des nodules analogues aux silex de la craie, composés à la fois de silice et de calcaire.

6. Une nouvelle couche de calcaire dur spathique, contenant des fossiles marins, notamment des vénéracardes, des cythérées, des murex (*M. dubifer*, *fustilosus*), des cérites (*cerit. papaveraceum*), des buccins, des cônes (*conus deperdi-*

tus), forme la dernière assise du calcaire grossier.

La pente du terrain s'allonge alors beaucoup; elle est terminée par un escarpement brusque de terrain tertiaire moyen, représenté dans cette localité par deux assises différentes.

7. La première de ces assises est une argile sablonneuse, maculée de parties rouges, contenant une assez grande quantité de coquilles d'eau douce, principalement des lymnées et des paludines.

8. Enfin, le sommet du plateau est composé de calcaire d'eau douce blanc, lequel forme, ainsi que nous l'avons déjà dit, une vaste couverture sur le plateau supérieur; on le voit se prolonger surtout à l'est; du côté de l'ouest, le calcaire d'eau douce n'a que peu d'étendue, les couches inférieures du calcaire grossier sortant successivement au jour.

Le calcaire grossier est représenté, près de Bordeaux, par des sables qu'on peut jusqu'à un certain point comparer aux sables de l'argile plastique: ils sont peu différens des sables qui correspondent à la mollasse coquillière, et leur âge est dévoilé seulement par la nature des fossiles qu'ils contiennent. Ces sables sont constamment recouverts de quelques pieds de terrain d'allu-

Sable de
Terre-Nègre
correspondant
au calcaire
grossier.

vion; on ne peut les observer que lorsque des exploitations récentes les mettent à nu.

Nulle part cette occasion ne m'a été offerte. Néanmoins, comme je désire montrer les différens caractères de la formation du calcaire grossier dans le Midi, je transcris ici quelques mots de la description que M. Jouannet a donnée des fouilles qui ont été faites à Terre-Nègre, dans l'enceinte de Bordeaux même.

Le terrain d'alluvion qui recouvre les falunnières de Terre-Nègre, présente à la surface un mélange de roches de diverses natures, surtout de silex de la craie. « On trouve ensuite une argile ferrugineuse contenant à la fois des rognons de fer hydraté géodique, et des blocs isolés de calcaire grossier, souvent très volumineux, toujours d'une grande dureté, arrondis sur leurs angles, et troués comme le seraient des rochers long-temps battus par les flots.

» Cette argile superposée au terrain marin, en suit toutes les sinuosités; sa couleur foncée tranche fortement avec les couches sablonneuses qu'elle recouvre, et marque la séparation entre l'alluvion et le terrain inférieur.

» Ce dernier terrain est composé de plusieurs lits de sable fin gris ou jaunâtre, très meuble et sans mélange de gros grains. La couche qui a offert la plupart des fossiles dont nous allons

» donner bientôt l'énumération, semble avoir été
 » originairement un banc de madrépores, mainte-
 » nant décomposé, et passé à l'état marneux : ce-
 » pendant les madrépores ont en partie conservé
 » leur forme, leur tissu, un peu de leur première
 » solidité et de leur blancheur.»

*Liste des fossiles reconnus à Terre-Nègre, sous
 l'hôpital Richelieu, et sous le jardin bota-
 nique, communiquée par M. Ch. Des-
 moulins :*

Scutella decemfissa, Ch. Desm.	»
— subrotunda, Lam.	»
Cassidulus nummulinus, Ch. Desm.	»
— porpita, Ch. Desm.	»
Spatangus ornatus, de Fr.	»
Crassatella tumida, de Fr.	Inf.
— 1 espèce non déterminée.	»
Arca scapulina.	Inf.
Pectunculus pulvinatus, Lam.	Inf.
Pectunculus dispar? de Fr.	Inf.
Nucula margaritacea, Lam.	I.m.ets.
Crania abnormis, Brong.	N.
Terebratula, 2 espèces très petites inédites.	
Emarginula clathrata, Desh.	N.
Delphinula scobina, Bast.	N.
Trochus bucklandi, Bast.	N.
Turbo parkinsoni, Bast.	N.
— monodonta, Jouannet.	N.
— 4 espèces non décrites.	
Turritella strangulata, Grateloup.	
Renulites opercularis? Lam.	Inf.
Milliolites, plusieurs espèces.	Inf.
Nummulites, plusieurs espèces.	Inf.

- Calcaire
grossier dans
les Landes.

Le calcaire grossier se prolonge sous le sol des Landes, on le voit saillir dans quelques points de l'intérieur de cette vaste plaine, où sans doute sa surface a été moins dénudée. Mais il se montre surtout dans les environs de Dax et de Saint-Sever, localités où cette formation repose horizontalement sur le grès vert, dont les couches sont fortement inclinées (*fig. 3, pl. 1*). Il paraîtrait résulter de cette disposition que la vallée de l'Adour, qui forme l'extrémité méridionale des Landes, servirait également de limite au bassin intérieur dans lequel le calcaire grossier s'est déposé.

Cette partie du bassin tertiaire ne présentant pas d'escarpemens, le calcaire grossier n'est mis à nu que dans le lit de quelques ruisseaux, et seulement sur une petite épaisseur. Néanmoins son analogie avec le calcaire qui forme les escarpemens de Blaye, ou avec celui qu'on exploite dans les carrières de Saint-Macaire, est trop grande pour qu'il reste, à cet égard, le moindre doute; de plus, il occupe une position géologique semblable, c'est-à-dire qu'il repose sur les formations crétacées, et qu'il est recouvert immédiatement par le second étage tertiaire.

Le calcaire grossier forme la petite proéminence connue sous le nom de *Tuc du saumon*, près de Pontou. On l'exploite au Mugron sur les bords de l'Adour, entre Saint-Sever et Dax. Mais

parmi toutes les localités où le calcaire grossier est mis au jour, le bourg de Saint-Justin est celle où on peut l'étudier sur la plus grande étendue; la Douze coule sur cette formation; les couches horizontales du calcaire grossier en forment les berges sur une douzaine de pieds de hauteur. En outre, on les voit, sur une longueur de près d'une lieue, former de distance en distance de petites cascades, où l'on peut les étudier avec facilité, grâce au faible volume d'eau qui existe ordinairement dans cette rivière.

Calcaire
grossier à
Saint-Justin.

A Saint-Justin même, le calcaire grossier présente deux couches, dont les caractères sont assez différens; la couche supérieure, dont la puissance est environ de deux pieds, est tendre, friable et terreuse; elle est pauvre en fossiles, et ne contient que quelques huîtres qui me paraissent analogues à celles dont j'ai signalé l'abondance dans les marnes vertes des environs de Blaye, ainsi que dans l'argile sableuse de la montée de la Réole. La position du calcaire de Saint-Justin, presque immédiatement au contact du terrain tertiaire moyen, s'accorde avec la présence de ces fossiles qui existent principalement à la partie supérieure du calcaire grossier.

Le calcaire friable est surmonté d'un calcaire assez dur, peu homogène, composé de parties lisses compactes, qui se fondent dans la masse du

calcaire, et de parties spathiques, un peu granulaires; ce dernier calcaire contient beaucoup de moules de coquilles spirées, (cérîtes, buccins, etc.) dont l'état de conservation est très imparfait; en outre, on trouve disséminé, dans la masse même du calcaire une quantité de petits points blancs qui appartiennent à des milliolites, en général plus petites que les milliolites du calcaire de Saint-Macaire; mais on retrouve cette dernière espèce dans les calcaires de Mugron que nous venons de citer plus haut.

Au sortir de Saint-Justin, le calcaire grossier est recouvert par des marnes d'eau douce, qui se rattachent au calcaire, qui forme l'Agenois.

Calcaire
grossier des
environs
de Dax.

Près de Dax, on retrouve le calcaire grossier à la forge d'Abesse dont les fondations sont assises sur un calcaire spathique très dur, contenant une grande quantité de milliolites; il ressort en plusieurs points du cours du Luy, à Hugas, à L'Esperon, au Bedat, à saint Paul, à Quillac, etc. mais la localité la plus intéressante est près de Montfort aux carrières de Garanx : il constitue un calcaire solide contenant comme lui une grande quantité de moules de fossiles très variés. La plupart de ces moules sont pétris intérieurement de milliolites, circonstance qui donne aux fossiles de Garanx une identité complète avec ceux de Saint-Macaire, de Virelade et de Langon; je donne

ici une liste des principaux fossiles de ces carrières, que M. Grateloup a eu la bonté de me communiquer.

Fossiles des carrières de Garax, près de Dax.

<i>Ostrea sinuata</i> , Lamark.	Assises tertiaires dans lesquelles ces fossiles ont déjà été trouvés.
<i>Spondylus</i> , grande espèce non déterm.	N.
<i>Cardita</i> , 2 espèces difficiles à déterm.	»
<i>Pectunculus pulvinatus</i> , Lk. (Var. <i>pyrenaica</i> , Brong.)	»
<i>Venericardia</i> ?	Inf.
<i>Chama</i> , 2 espèces inédites.	»
<i>Isocardia cor</i> , Lk.	»
<i>Mytilus</i> .	I.m.ets.
<i>Modiola lithophaga</i> , Lam.	»
— <i>cordata</i> .	I.m.ets.
<i>Cardium</i> , 2 espèces indéterminables.	»
<i>Tellina biangularis</i> ? Desh.	Inf.
<i>Cytherea nitidula</i> ? Desh.	Inf.
<i>Cyprina islandica</i> ?	Inf.
<i>Crassatella tumida</i> .	Inf.
<i>Turbo setosus</i> ?	»
<i>Trochus infundibulum</i> , Bron.	Moy.
— <i>agglutinans</i> , Lam.	I.m.ets.
<i>Solarium millegianosum</i> , Bron.	N.
<i>Turritella terebra</i> , Lk.	M.etsu.
— <i>strangulata</i> , Lk.	Inf.
<i>Ampullaria maxima</i> , Grat.	N.
— <i>crassatina</i> , Lk.	Inf.
<i>Natica patula</i> , Desh.	N.
<i>Conus depertitus</i> , Lk.	Inf.

Conus pelagicus, Broch.	N.
Cypræa physis, Broch.	Moy.
— annulus, Lk.	I. et mo.
Voluta? Auris leporis? Brocc.	"
Mitra striatula, Broch.	Moy.
Buccinum ???	"
Cassis plicatula, Broch.	Moy.
— astinis, Lk. C. crumenee.	Inf.
— lævigata, de Fr.	Inf.
— astinis. C. Saburon.	"
Cerithium indéterminables.	"
Triton anus, Lk.	"
Pyrula?	"
Strombus giganteus, Grat.	N.
— auricularis, Grat.	N.
— torbelianus, Grat.	N.
Sigaretus lævigatus?	I. et mo.
Nautilus sypho, Grat.	"
Milliolites saxorum, Lk.	Inf.
— cor anguiesum, Lk. CC.	"
Polypiers, un grand nombre d'espèces différ.	"
<i>Fossiles du calcaire grossier exploité dans les carrières de Lespéron. Ce calcaire est en couches inclinées.</i>	
Spondylus Gæderopus? Lam.	Inf.
Ostrea, plus. esp.	"
Solen strigillatus, Lam.	"
Pectunculus pulvinatus, Lam.	"
Cardium, plus. esp.	"
Modiola lithophaga, Lam.	"
Chama, 2 esp.	"
Crassatella tumida, Lam.	"
Lucina mutabilis (Venus) Lam. de grande taille.	"
Tellina biaugularis? Lam.	"

Donax ?
 Phasianella ?
 Trochus Benettii vel agglutinans.
 Ampullaria maxima, Grateloup.
 — crassatina, Lam.
 Natica patula, Lam.
 — compressa.
 Conus deperditus, Lam.
 Cypræa, 2 esp.
 Mitra, 2 esp.
 Buccinum, plus. esp.
 Strombus, id.
 Pyramidella, 2 esp.
 Milliolites saxorum.
 Polypiers.
 Astroites,
 Madrépores,
 Millepores,
 Cellepores,
 Nullipores,
 Lithodendron,

} plusieurs espèces.

Inf.

Les détails que je viens de donner sur la position géologique du calcaire marin de Blaye, établissent d'une manière certaine que ce calcaire repose sur les formations crétacées, et qu'il est recouvert par des terrains d'eau douce qui appartiennent, ainsi que je le démontrerai bientôt, à l'étage moyen ; en outre, le plus grand nombre des fossiles que j'ai indiqués sont caractéristiques de l'assise inférieure des terrains tertiaires. Quelques-uns se trouvent à la fois dans deux étages de ces terrains, mais aucun n'est propre aux terrains tertiaires supé-

Résumé sur la
 position du
 calcaire
 grossier du
 Midi.

rieurs. La considération des fossiles s'accorde par conséquent avec les caractères de superposition, pour faire regarder le calcaire que nous avons décrit dans cette première partie, comme étant la représentation exacte du calcaire grossier de Paris; seulement dans le Midi, cette formation est plus simple que dans le Nord: elle est presque uniquement représentée par un calcaire dont les caractères varient peu. Je crois utile aussi de faire remarquer qu'il existe une séparation très tranchée entre le calcaire grossier et les formations crétacées. En effet, dans les Landes, et principalement dans la Chalosse, le calcaire grossier s'étend horizontalement sur les couches relevées de ces formations. Cette disposition est le résultat de la révolution qui a donné naissance à la chaîne des Pyrénées, laquelle a séparé le dépôt de la craie du dépôt des terrains tertiaires; il est donc impossible d'admettre, ainsi que des zoologes distingués sont portés à le faire, que la craie des Corbières, et en général la craie supérieure du Midi de la France dans laquelle on trouve quelques fossiles regardés jusqu'ici exclusivement comme tertiaires, appartiennent à ces derniers terrains. L'explication de cette anomalie importante se rattache peut-être à la position littorale que les couches crayeuses paraissent avoir eue à l'époque de leur dépôt. Il serait possible qu'une appréciation plus exacte de cette circonstance, qui

n'a pas encore été assez étudiée par les conchyliologistes, apportât un jour des modifications importantes dans la distribution trop absolue qu'ils admettent maintenant des fossiles au milieu des formations.

II. DES TERRAINS TERTIAIRES MOYENS.

La nature minéralogique de cette partie des terrains tertiaires et leurs caractères extérieurs varient d'une localité à l'autre, suivant les circonstances qui ont présidé à leur dépôt. Cette différence de composition apporte quelque difficulté à l'étude de ces formations, et pour en saisir l'ensemble, il est nécessaire de les observer à la fois sur une grande étendue : lorsqu'on ne les étudie que dans quelques points isolés, on est conduit à généraliser des caractères qui souvent ne sont qu'accidentels. C'est à cette difficulté d'observation que sont dus quelques rapprochemens erronés, tels que l'association du gypse d'Aix et des lignites de la Provence avec la pierre à plâtre de Montmartre et l'argile plastique du bassin de Paris. Une autre erreur, moins importante que les précédentes, parce qu'elle n'exerce aucune influence sur la classification des terrains tertiaires, est d'avoir supposé la mollasse coquillière antérieure au calcaire d'eau douce, tandis que sa superposition sur ce dernier calcaire, est au contraire, un des phé-

nomènes géologiques les plus certains. On peut observer la position relative de ces deux formations dans la plupart des coteaux qui bordent la Garonne depuis Aiguillon jusqu'à Marmande, dans presque tout l'Agenois, ainsi que dans les environs de Montpellier et de Nîmes. C'est sans doute à quelques circonstances particulières qu'on doit attribuer l'opinion contraire qui a été émise.

Composition
de l'étage
moyen
des terrains
tertiaires.

L'étage moyen des terrains tertiaires est extrêmement développé dans le Midi; il comprend à la fois les calcaires d'eau douce de l'Agenois et de la Provence, la mollasse d'eau douce du Languedoc, les gypses et les lignites de la Provence, le calcaire moellon de Montpellier, la mollasse coquillière de Béziers et des environs de Bordeaux, les faluns des Landes et de la Touraine, quelques grès, comme ceux de Bergerac employés pour le pavage, enfin les argiles sablonneuses que l'on observe sur beaucoup de plateaux et qui fournissent la plus grande partie des minerais de fer qui alimentent nos forges.

Cette grande variété de manière d'être des terrains tertiaires nous apprend que leur dépôt n'a pas eu lieu sous les mêmes conditions que celui des terrains secondaires, lesquels sont homogènes dans un même bassin; les rapprochemens que je viens d'énoncer sont fondés sur l'observation de la position relative des différentes formations des

terrains tertiaires; cette position est en rapport avec la nature des fossiles. Il résulte de cette concordance, qu'une fois l'âge géologique bien constaté en quelques points, par les caractères de superposition, l'identité des fossiles fournit le moyen d'assimiler des localités pour lesquelles ces considérations ne peuvent plus être invoquées.

Les différentes assises des terrains tertiaires moyens ne sont pas confondues ensemble : on pourrait, jusqu'à un certain point, en tracer les limites générales sur une carte géologique détaillée; ainsi le calcaire d'eau douce forme la partie montueuse du pays, dont le sol est composé de ces terrains moyens, comme l'Agenois, les environs de Castres et d'Alby.

Distribution
des
différentes
assises.

La mollasse proprement dite, dans laquelle on trouve des restes assez nombreux de paléotherium, constitue un second étage de collines d'un ordre inférieur. Les environs de Toulouse, de Montauban, etc., appartiennent à cette sous-division, laquelle n'est pas très tranchée, et se fond souvent avec le calcaire d'eau douce.

Les faluns sont déposés presque uniquement dans les parties basses de la contrée tertiaire; on les trouve principalement dans les Landes, où ils sont recouverts par une couche très mince de sables, que nous rangeons dans le troisième étage tertiaire.

La mollasse coquillière est en général assez mince et peu développée, du moins dans la partie du bassin du Midi que je décris dans ce mémoire. Dans l'Agenois, elle recouvre immédiatement le calcaire d'eau douce et forme la sommité d'un grand nombre de collines; elle constitue en outre quelques dépôts plus ou moins considérables au centre même du bassin, tels sont ceux de Narbonne, de Béziers, des environs de Montpellier et de Sommières.

Enfin les argiles sablonneuses et les minerais de fer qui appartiennent à cet étage tertiaire, recouvrent en dépôts minces les coteaux de craie et de calcaire jurassique du Périgord, de la Saintonge et du Quercy.

Position
relative
des
différentes
assises.

Toutes les fois que le terrain d'eau douce existe, il forme l'assise inférieure et constitue pour ainsi dire les parois du bassin dans lequel se sont déposées les formations tertiaires qui nous occupent. Le calcaire recouvre des espaces considérables, et présente dans certaines parties une très grande puissance; cependant la mollasse est plus abondante et constitue en réalité dans le Midi cette assise inférieure: il est rare de voir des escarpemens de calcaire sans aucune couche d'argile ou de sable qui rappelle la mollasse, tandis que le plus fréquemment celle-ci ne contient de calcaire que sous forme de ciment ou de rognons. Le calcaire d'eau douce

pourrait donc être regardé comme formant des amas alongés ou des couches qui s'amincissent graduellement au milieu de la vaste formation arenacée d'eau douce. La mollasse coquillière repose fréquemment sur le calcaire d'eau douce; quant aux faluns coquilliers, comme ceux de Saucats, de Mérignac et de Dax, on les voit bien reposer dans quelque cas sur le calcaire grossier, mais souvent ils sont associés avec la mollasse coquillière, et comme la plupart des fossiles qu'ils renferment se retrouvent dans cette roche, on doit conclure que ces sables en sont exactement la représentation; seulement dans les parties où les faluns se sont accumulés, il ne se déposait pas le carbonate de chaux nécessaire pour leur donner la consistance de la mollasse.

J'ai déjà fait voir, que le calcaire d'eau douce repose à une petite distance de Blaye sur le calcaire grossier, et qu'il en est de même à la montée de La Réole. Dans cette dernière localité, le calcaire d'eau douce se rattache d'une manière continue au calcaire d'Agen, qui vient mourir sur les formations tertiaires inférieures du bas de la vallée de la Garonne. On observe également à Nérac la superposition du calcaire d'eau douce sur le calcaire grossier. Je pourrais multiplier ces exemples; il en résulte que la position du calcaire d'eau douce au-dessous du calcaire grossier est un fait établi

d'une manière certaine et dont je ne m'occuperai plus. Je vais maintenant indiquer les principaux caractères du terrain d'eau douce, puis je ferai voir que cette assise est constamment inférieure à la mollasse coquillière.

Environs
d'Agen.

Le département de Lot-et-Garonne, dont Agen est le chef-lieu, est formé en grande partie de calcaire d'eau douce; la Garonne coule près de cette ville aux pieds d'un escarpement de ce calcaire, et le lit du Lot, à Villeneuve-d'Agen, est également creusé dans cette formation. Seulement, dans cette dernière localité, on trouve au bas de l'escarpement des couches d'argiles jaunâtres, maculées de parties un peu micacées, blanches et très sablonneuses, qui appartiennent à la mollasse proprement dite.

- Le calcaire d'eau douce à Agen et à Villeneuve-d'Agen présente une grande uniformité de caractères; cependant on peut en distinguer deux variétés. Les couches qui occupent la partie inférieure et qui s'élèvent à peu près jusqu'aux deux tiers de l'escarpement sont d'une blancheur remarquable; elles sont terreuses et peu dures, quelques unes plus solides présentent une cassure compacte, mais peu homogène, c'est-à-dire qu'on y distingue des parties lisses plus ou moins larges, et de nombreuses petites cavités irrégulières: les couches solides contiennent des fossi-

les, ce sont en général des moules d'hélices (*H. candidissima*), des lymnées (*L. acuminata*, *longiscata*) et quelques planorbes; ces derniers fossiles, très rares à Agen, sont au contraire abondans dans quelques localités, à Aiguillon, à Castres, aux environs d'Alby, etc., ils sont presque toujours à l'état de calcaire spathique.

La partie supérieure des collines d'Agen est formée par un calcaire d'un gris bleuâtre, coloré par du bitume qui lui communique une odeur fétide. Ce calcaire est caverneux et à cassure terreuse; il contient beaucoup plus de fossiles que le calcaire complètement blanc. Ce sont également des hélices, des lymnées et quelques planorbes; je n'y ai pas rencontré de gyrogonites, si abondantes dans le calcaire d'eau douce supérieur de Paris.

Dans l'escarpement de Villeneuve-d'Agen, les deux variétés de calcaire sont séparées par des couches d'argile blanche maculée; ces argiles sont semblables à celles que j'ai indiquées sur le bord de la Garonne; elles sont en outre analogues à celles de la mollasse de Montauban. L'intercalation de ces argiles au milieu des couches de calcaire d'eau douce dans les points où elles sont le plus développées, montre, ainsi que je l'ai déjà annoncé, que la mollasse et le calcaire d'eau douce forment une seule et même assise.

La Garonne et le Lot, à Agen et à Villeneuve-d'Agen, coulent l'une et l'autre aux pieds d'escarpemens d'une hauteur à peu près égale. Mais si on étudie avec soin la position des couches sur les deux escarpemens opposés, on remarque que les couches de même nature sont plus élevées sur la rive gauche que sur la rive droite (*Pl. II, fig. 2*). Cette circonstance est facile à constater, par la présence de la mollasse qui se montre au bord du Lot, ainsi que par l'existence du calcaire dans l'escarpement qui surmonte Agen, tandis qu'on ne le voit pas dans la descente vers Villeneuve-d'Agen. Cette disposition remarquable nous fait penser que le mouvement qui a produit la grande différence de niveau entre les deux rives de la Garonne depuis Tonneins jusqu'à la mer, s'est encore fait sentir dans le haut de la vallée à Agen, mais avec une énergie beaucoup moindre, et qu'il en est résulté seulement une discordance entre les mêmes couches sur les deux rives.

Calcaire
siliceux
de Beaumont.

Le calcaire d'eau douce complètement pur, près d'Agen, est fréquemment mélangé d'une grande quantité de silice, disséminée dans sa masse même, et donnant naissance à un calcaire dur et siliceux, réunie sous forme de rognons. Dans ce dernier cas, les silex sont en général à l'état de quartz résinite; il existe alors une analogie complète entre ce calcaire

d'eau douce et les meulières des environs de Paris. Cette manière d'être du terrain d'eau douce se représente dans beaucoup de localités; mais elle est surtout très-prononcée dans les collines des terrains tertiaires du département de la Dordogne, entre Montpassier et Beaumont. La silice y est tellement abondante, que dans plusieurs points on exploite des pierres meulières semblables à celles de Paris, notamment aux environs de Bergerac et de Beaumont. Je vais donner quelques détails sur cette dernière localité, où le calcaire d'eau douce contient en outre de la pierre à plâtre. La ville de Beaumont est située exactement à la séparation du terrain de grès vert et du calcaire d'eau douce. On voit, dans plusieurs jardins de la ville, le contact de ces deux terrains, qui sont l'un et l'autre en couches horizontales. Le sentier qui monte du fond de la vallée à la ville donne la facilité d'étudier le calcaire d'eau douce sur une grande épaisseur; cette coupe est en outre intéressante, parce qu'il résulte nécessairement du développement du calcaire d'eau douce au pied de la colline, que ses différentes couches viennent buter successivement contre le grès vert.

Le calcaire d'eau douce est très uniforme; cependant on distingue la succession suivante de couches :

Rognons
de silex.

1. Des marnes blanches légèrement schisteuses se délitant à l'air. Ces marnes contiennent quelques rognons de silex gris, peu adhérens à la pâte, et entourés de tous côtés par des parties siliceuses, blanches et peu dures.

2. Calcaire d'eau douce terreux contenant une infinité de nodules marneux, traversé dans tous les sens par du calcaire spathique qui forme des petits filets ramifiés; souvent ces nodules deviennent assez grands, et le calcaire paraît composé de deux parties distinctes. Cette couche renferme une assez grande quantité de lymnées, exclusivement répandues dans la partie calcaire.

Vers le haut, cette seconde assise de couches présente des bandes assez régulières de silex noirs. Les marnes qui les séparent forment des petites couches feuilletées, au milieu desquelles on trouve une grande quantité de coquilles turritellées, que je suppose être des potamides. Ces marnes sont aussi fréquemment recouvertes d'aspérités dues à des impressions végétales très imparfaites.

L'assise de calcaire terreux peut avoir 40 mètres de puissance, et les couches de silex et de marnes au plus 3 mètres.

3. Le calcaire devient très compacte, sa blancheur; et surtout les petites cavités nombreuses

qu'il contient, sont les seules circonstances qui empêchent de le confondre avec le calcaire secondaire. Cette variété de calcaire ne forme pour ainsi dire qu'une exception, elle est pénétrée comme le calcaire terreux de petits filets spathiques disposés en réseau; cette couche ne m'a pas offert de fossiles.

4. La partie supérieure du coteau, sur une épaisseur considérable, au moins 30 mètres, est composée de calcaire d'eau douce siliceux; il y existe en outre des silex calcédonieux, qui y constituent des masses plus ou moins considérables. Souvent ces silex sont opalins, fortement translucides, et se cassent avec facilité en éclats aigus. Ils sont alors disséminés assez régulièrement dans les couches. D'autres fois, ces silex forment des masses puissantes, caverneuses, mais non cariées à la manière de la pierre meulière de Meudon, dont ils diffèrent par leur état calcédonieux et opalin. Ces masses siliceuses ne font pas alors partie d'une couche. Elles sont plutôt intercalées d'une manière irrégulière dans le terrain, et paraissent le produit de filtrations qui l'auraient traversé à une époque peu postérieure à son dépôt. Ces masses siliceuses sont quelquefois assez considérables pour être employées pour meules. On en exploite près de Beaumont, à Cunial, au Rocal de Cunial, à Saint-

Pierres
meulières.

Aubin et au Faux; mais les meules les plus célèbres du Midi sont tirées des environs de Bergerac.

Le calcaire d'eau douce de Beaumont contient de la pierre à plâtre; les carrières où l'on exploite cette substance sont situées au Roc de Pers, à dix minutes au sud de Saint-Sabine. La pierre à plâtre n'y forme pas de masses puissantes; elle se compose de petits cristaux de gypse, disséminés dans une marne schisteuse, analogue à celle que nous avons indiquée au pied de la colline de Beaumont, du côté de Montpassier. Il existe plusieurs couches de marnes avec cristaux de gypse; deux seulement fournissent une bonne pierre à plâtre. Quelquefois le gypse est sous la forme de gros cristaux en fer de lance; ces derniers sont rarement assez nombreux pour être exploités. Au milieu des marnes on trouve des rognons compactés, très lourds, imprégnés de strontiane sulfatée. Dans les carrières mêmes, on ne voit pas d'une manière positive l'intercallation des marnes gypseuses dans le terrain d'eau douce, elles y forment la surface du sol, mais dans les monticules qui bordent au nord et au nord-est la petite plaine de Sainte-Sabine, et qui sont peu distans des exploitations; ces marnes alternent avec le calcaire d'eau douce, qui forme tout le plateau supérieur, de sorte que la con-

Gypse
dans
le calcaire
d'eau douce.

temporanéité de ces couches n'est pas douteuse. Le calcaire de Beaumont est exactement dans le prolongement des calcaires d'Agen et de La Réole, dont nous avons établi la position d'une manière positive; il en résulte que le gypse de Ste.-Sabine est enclavé dans le second étage des terrains tertiaires. Nous verrons plus tard que cette position lui est commune avec tous les gypses tertiaires du Midi.

Le calcaire d'eau douce de Castres contient de nombreuses concrétions calcaires qui lui donnent, lorsqu'elles sont de petites dimensions, l'apparence d'une oolite à gros grains. La structure de ces concrétions, dont tous les cabinets de minéralogie possèdent depuis long-temps des échantillons, fait supposer qu'elles ont été produites sur place, et non par le roulement dans une eau chargée de chaux carbonatée, à la manière des pisolithes; en effet, ces dernières présentent presque toujours au centre un grain de sable, autour duquel la chaux carbonatée a cristallisé en formant des couches concentriques; dans les concrétions des environs de Castres, le centre est presque toujours à l'état de calcaire spathique; il faut donc qu'il ait pu cristalliser tranquillement, tandis que les couches concentriques qui le recouvrent ont cristallisé d'une manière confuse. Ces concrétions sont plutôt cylindriques que

Calcaire
de Castres
avec nodules
concrétionnés.

sphériques; quelquefois elles ont jusqu'à 6 ou 8 pouces de long sur 3 ou 4 de diamètre; le plus ordinairement leur grosseur est celle d'un pois, souvent même elles sont encore plus petites. Ces nodules sont alors agglutinés par une pâte calcaire et forment par leur réunion une pseudo-oolite. Cette texture, fréquente dans les calcaires d'eau douce du Midi, fournit souvent un caractère excellent pour les distinguer; les calcaires des environs de Narbonne, de Nîmes, d'Aix et de Marseille la présentent souvent.

Ce calcaire pseudo-oolitique alterne avec des marnes calcaires blanches et des calcaires d'eau douce semblables à ceux d'Agen et de Beaumont; souvent on observe dans le calcaire et dans les marnes une tendance à la structure concrétionnée, dévoilée seulement par des taches arrondies, ou par des différences dans la compacité du calcaire. Les couches formées en partie de concrétions ne contiennent pas de fossiles; mais le calcaire terreux de la côte d'Aumontel, ainsi que de Castres en renferme beaucoup; les plus abondans sont des planorbes transformés à l'état de calcaire cristallin; les lymnées y sont en comparaison très rares. J'ai recueilli en outre à Aumontel un cyclostôme et deux moules d'hélice.

Une autre circonstance que présente le terrain d'eau douce de Castres, et qui lui est com-

mune avec la plupart des calcaires du Midi, c'est que les couches inférieures sont fréquemment colorées en rose par une certaine quantité de fer oxydé; souvent aussi ces couches rosées contiennent quelques nodules à structure concentrique, ou du moins concrétionnée. On ne les distingue pas toujours dans les cassures fraîches; mais par leur exposition à l'air, ces calcaires se délitent, et les noyaux arrondis se séparent de la masse.

Le calcaire d'eau douce repose sur des couches d'argile et de mollasse; aux Pesquiers, l'argile est exploitée pour la fabrication des briques. Les calcaires blancs et les marnes sont compactes et assez solides. Ces différentes roches sont fréquemment traversées par des petits filets de calcaire spathique, qui se ramifient dans tous les sens; le calcaire contient en outre de nombreuses géodes de chaux carbonatée lamelleuse.

On observe souvent au milieu du calcaire, surtout dans les couches supérieures, des parties siliceuses, très compactes, de couleur jaunâtre et verdâtre, qui rappellent le calcaire d'Orléans.

J'ai déjà indiqué, près d'Agen et de Castres, de la mollasse à la partie inférieure du calcaire d'eau douce, ainsi que de petites couches de cette roche au milieu de ce même calcaire; la mollasse paraissait alors accidentelle au milieu du calcaire d'eau douce. Dans un grand nombre de localités,

au contraire, le calcaire ne forme que des couches minces, ou seulement même des rognons, au milieu d'une épaisseur considérable de grès ou d'argile; il résulte nécessairement de cette disposition que la molasse et le calcaire d'eau douce se fondent l'un dans l'autre, et que le développement de l'une ou l'autre de ces roches est dû à des circonstances locales.

Calcaire
d'eau douce
intercale
dans
la molasse.

Le coteau sur lequel sont construits les moulins de la Ramière et qui force le Lot à faire une pointe, au sud vers Aiguillon, nous offre un exemple très marqué de couches calcaires intercalées au milieu de la molasse.

1. Le bas de l'escarpement sur une hauteur d'environ 30 mètres (*Pl. II, fig. 4*), est composé de couches d'argile et de grès micacé, presque sans consistance; les argiles sont jaunâtres, maculées de parties beaucoup plus claires, qui forment des taches et des veinules ramifiées dans différens sens. Cette disposition, difficile à bien décrire, est constante dans les argiles de la molasse, et peut servir dans une même contrée à reconnaître cette formation. Le grès mélangé avec ces argiles est composé à la fois de grains de quartz hyalin et de feldspath blanc terreux; cette dernière substance, par son éclat mat, donne au grès une apparence toute particulière. Le ciment qui relie ces différens grains est composé de la

même argile que nous venons de décrire; il en résulte que, suivant que le mélange d'argile et de sable est plus ou moins considérable, il existe un passage insensible entre les couches argileuses et les couches de grès ou mollasse; malgré ce passage, les couches argileuses et les grès sont généralement bien séparés. Dans la montée des moulins de la Ramière les grès sont à grains fins et micacés.

2. Au-dessus de ces couches, peu consistantes, et qui tombent en poussière par la simple dessiccation, on rencontre une couche, ou mieux une série de couches, pouvant avoir 8 mètres de puissance environ, d'une mollasse solide, résistant assez bien aux actions atmosphériques et que l'on exploite pour pierres de construction; ce grès à grains plus gros que les couches sur lesquelles il repose, ne peut cependant pas encore être qualifié de grès à gros grains. Il est composé, comme le premier, de petits galets arrondis de quartz hyalin et de fragmens de feldspath terreux; le ciment est à la fois argileux et calcaire; c'est à la présence de cette dernière substance qu'est due la solidité de cette seconde assise de mollasse.

3. Un système de couches de calcaire d'eau douce, ayant environ 20 mètres de puissance, recouvre la mollasse; ce calcaire, d'un beau

blanc, est généralement tendre; cependant il ne se désagrége pas comme la mollasse, et forme des escarpemens beaucoup plus brusques; de loin on distingue parfaitement, au profil de la montagne, la partie de la montée ouverte sur le calcaire d'eau douce, et celle qui traverse les argiles et la mollasse: le calcaire d'eau douce contient des fossiles peu nombreux, ce sont des hélices (*H. candidissima*) et des lymnées (*L. longiscata*, *cornea*).

Vers la partie supérieure, le calcaire est argileux, et passe à des masses schisteuses. Celles-ci admettent bientôt un mélange de grains quartzeux et de feldspath, et qui donnent naissance à de la mollasse très calcaire.

Rognons
de calcaire
dans
la mollasse.

4. La mollasse forme de nouveau une seconde assise qui peut avoir de 12 à 15 mètres de puissance, elle est à grains très variés, non schisteuse, et sans paillettes de mica. Elle contient une grande quantité de feldspath terreux. On y trouve en outre assez fréquemment des rognons de la grosseur d'une noix d'une matière blanche magnésienne: le ciment est argileux et peu abondant, ce qui rend cette partie de la côte sablonneuse; en même temps que glissante et difficile à graver à cause de la présence de l'argile.

5. Le sommet du coteau est couvert par une espèce de chapeau, de 8 à 10 mètres au plus de puissance, d'un calcaire gris foncé, très dur,

quoique sans silice ; il est fétide, criblé de cavités et contient une grande quantité de fossiles ; ce sont des lymnées et principalement des planorbes avec leur têt.

Dans le bassin de Toulouse et dans celui de Pau ; en général, dans la partie méridionale de la bande de terrain tertiaire, qui court parallèlement aux Pyrénées, le calcaire est très peu développé, et souvent il est représenté par de simples rognons, disséminés au milieu de la molasse.

A Toulouse, le lit de la Garonne est rempli d'un terrain d'alluvion (1) qui s'étend sur presque toute la longueur du cours de ce fleuve ; mais la vallée est creusée dans la molasse, qui forme les collines voisines et il existe une grande homogénéité dans la composition de ces collines, exactement

(1) La vallée de la Garonne, et en général la plupart des vallées qui descendent des Pyrénées, sont couvertes d'alluvions considérables. Ces alluvions présentent plusieurs terrasses successives, phénomène qui nous indique que ces dépôts de transport remontent à une époque ancienne ; mais il y a une grande différence d'âge entre les galets qui occupent le fond des vallées et ceux qui recouvrent les hauteurs. La nature des galets offre, en outre, des caractères qui distinguent très-bien les deux dépôts. Ainsi les premiers sont presque toujours le résultat de la destruction des terrains anciens, tandis que les autres sont de roches très variées, et souvent appartiennent à des terrains modernes, tels que le calcaire du Jura et même le grès vert.

de même nature que celles qui bordent le Tarn devant Montauban; la seule différence consiste dans la plus ou moins grande quantité de calcaire, lequel est toujours exceptionnel dans cette partie du bassin tertiaire du Midi.

Les collines de Montaudran au sud-est de Toulouse, sur la route de Sorreze, présentent la succession suivante :

1. On voit à la partie inférieure de ces collines, et seulement lorsque quelque fossé profond le met tout au jour, un grès argileux, composé de galets, de quartz hyalin, d'un peu de feldspath et de mica. Ce grès est peu solide et se désagrège par l'action de l'air; de sorte qu'on n'en voit ordinairement que les débris; il donne naissance par sa destruction à un sable siliceux très grossier.

2. Une suite de couches, pouvant avoir 10 à 12 mètres de puissance, d'argiles jaunâtres, compactes, sablonneuses et un peu micacées; ces argiles, plus ou moins colorées, sont quelquefois rendues schisteuses par une certaine quantité de mica, lequel, au reste, est toujours peu abondant. Outre leur couleur ferrugineuse, ces argiles présentent des parties blanchâtres qui courent irrégulièrement dans la masse; on dirait qu'un liquide décolorant a traversé ces argiles, et que partout où il s'est répandu il a enlevé le fer; cette dispo-

sition, que j'ai déjà signalée, est caractéristique pour ce terrain (1).

3. Des argiles analogues aux précédentes, mais effervescentes par le mélange d'une petite quantité de calcaire, forment une assise de 3 à 4 mètres; au milieu de cette assise, le suc calcaire s'est réuni quelquefois en plus grande quantité, et a donné naissance à des rognons de la grosseur du poing; ils sont placés à peu près à la même hauteur, et affectent par leur ensemble l'apparence d'une couche, de même que les silex de la craie; ces parties calcaires, ordinairement très solides, sont en saillie au milieu de la mollasse qui se désagrège: la cassure de ces rognons est un peu cristalline; mais on voit qu'ils contiennent une certaine quantité de sable et d'argile.

A Gaillac, sur le Tarn, la même disposition se représente; seulement le calcaire est beaucoup

(1) Les argiles qui accompagnent les arènes et les arkoses présentent aussi cette différence dans la coloration; mais outre la position géologique de ces terrains placés constamment à la séparation des terrains anciens et des terrains secondaires, il existe encore une différence totale dans la nature même des argiles; ces dernières contiennent jusqu'à 24 pour 100 d'eau, et sont solubles dans les acides, tandis que les argiles tertiaires, constamment produites par des dépôts sédimentaires, sont insolubles dans les acides, et ne contiennent presque jamais plus de 12.° d'eau.

plus abondant. Au lieu de constituer simplement des rognons, il forme une couche très irrégulière, qui donne de la chaux hydraulique de bonne qualité.

Le sommet des coteaux est recouvert de galets incohérens, qui nous paraissent appartenir à une époque plus moderne, et que nous rangeons dans le terrain tertiaire supérieur.

Environs
de Pau.

La route de Pau à Monnein nous fournit un second exemple de rognons de calcaire au milieu de la molasse; nous le choisissons parmi un grand nombre d'autres, parce que le calcaire, malgré son peu d'épaisseur, présente des traces certaines de son origine lacustre. Cette route, après avoir suivi le pied des coteaux de Jurançon pendant à peu près deux lieues, les traverse à deux reprises pour passer dans la vallée de Monnein. Elle fournit ainsi la facilité d'étudier plusieurs coupes de ces terrains tertiaires sur une épaisseur très considérable.

1. Le bas de la montée est ouvert dans une argile jaunâtre très-sablonneuse, contenant des parties endurcies par la concentration d'une assez grande quantité de fer oxide hydraté. Sur la route même ces parties ne sont pas assez riches, et surtout pas assez abondantes, pour être exploitées; mais dans plusieurs localités, notamment aux environs de Vic en Carladéz, on a exploité

des minerais de fer dans une position identique; les minerais des Landes, qui alimentent un assez grand nombre de hauts-fourneaux, appartiennent également à cet étage des terrains tertiaires, et sont, ainsi que nous l'indiquerons plus tard, au milieu des sables de la mollasse.

Le terrain de transport ancien, qui recouvre le fond de la vallée du Gave de Pau, cache souvent la couche inférieure que nous venons d'indiquer, et empêche d'en connaître l'épaisseur.

2. Immédiatement au-dessus, on trouve des argiles très-calcaires, mélangées de rognons entièrement analogues à ceux que nous avons indiqués dans les collines qui environnent Toulouse.

3. Le calcaire augmentant successivement dans cette couche, l'argile calcarifère passe à des marnes blanches, analogues à celles qui existent dans les terrains d'eau douce les mieux prononcés. Ces marnes sont tendres, se délitent à l'air et contiennent des moules rares d'hélices et de paludines, dont la forme est très reconnaissable, mais dont il est impossible de déterminer l'espèce avec quelque certitude. On trouve en outre dans ces marnes des rognons plus durs que la masse, et des nodules tantôt sphériques, tantôt allongés, composés de couches concentriques, présentant au centre un petit noyau de calcaire spathique. Ces concrétions, semblables à celles du calcaire

d'eau douce de Castres, se retrouvent également dans les calcaires des environs de Narbonne, de Montpellier, d'Aix et de Marseille; elles fournissent un caractère constant, qui permet de regarder tous ces calcaires comme appartenant à une même assise. Quelques galets sont disséminés dans ces marnes.

Cette couche, dont l'épaisseur est d'environ deux mètres, dans la montée qui conduit au col de Poublanc, le premier que l'on doive passer avant d'arriver à Monnein, ne se retrouve pas dans la descente après le col. Il en résulte nécessairement que les marnes ne forment pas une couche continue, mais plutôt un vaste noyau au milieu de la mollasse; cependant les eaux dans lesquelles la mollasse se déposait, quoique plus chargées en calcaire à la partie qui correspond à la coupe que je décris en ce moment, en contenaient encore une certaine quantité à la hauteur de Monnein; car les couches correspondantes aux marnes sont calcarifères.

4. De la mollasse très peu solide succède immédiatement aux marnes; elle est composée de petits grains siliceux, de la grosseur d'un grain de millet, agglutinés par de l'argile analogue à celle qui forme la base du coteau. Outre ces grains siliceux, cette mollasse contient quel-

ques galets de calcaire siliceux qui proviennent du terrain de grès vert.

5. Elle est recouverte par une masse puissante de poudingue composé d'une quantité énorme de galets de la grosseur d'un œuf, souvent même de la grosseur du poing, de quartz blanc, de calcaire jaune compacte ou de grès quartzeux réunis par de l'argile jaunâtre : les galets appartiennent pour la plupart au terrain crétacé sur lequel le terrain tertiaire s'appuie; plusieurs contiennent encore des *milliolites*. L'abondance de ces cailloux roulés est souvent telle, qu'ils se touchent, et qu'à peine s'ils sont cimentés entre eux; il n'existe aucune séparation tranchée entre les couches d'argile qui contiennent des galets, et la mollasse sur laquelle elles reposent; il est donc naturel de supposer qu'elles appartiennent aux mêmes terrains tertiaires. Cependant un ensemble de faits conduisent à les supposer d'une époque plus moderne, et je les rapporte à l'étage supérieur des terrains tertiaires. Cette accumulation immense de galets annonce en effet qu'une cause générale a apporté une certaine perturbation au dépôt tranquille des terrains tertiaires, et il est naturel de supposer qu'elle correspond à la séparation des assises moyennes et supérieures de ces terrains.

6. Enfin tous les plateaux sont complètement

recouverts par des galets incohérens, qui donnent une grande aridité à ces sommités, sur lesquelles il ne croît que des bruyères; leur stérilité forme un contraste remarquable avec la végétation vigoureuse des vallées, que la nature semble par compensation s'être plu à orner de toutes les richesses du Midi.

Ces galets sont le résultat de la désagrégation de la partie supérieure de la couche de poudingue, dont le ciment, d'abord altéré par les agens atmosphériques, a été enlevé par les eaux pluviales. Quelques personnes ont comparé ces galets aux blocs erratiques des Alpes; mais le phénomène qui les a produits est d'un ordre différent. On peut, du reste, s'en assurer facilement par la nature des galets qui recouvrent les plateaux des environs de Pau, et de ceux qui sont dispersés dans les vallées qui aboutissent aux Pyrénées. Ces derniers, presque exclusivement granitiques, appartiennent aux alluvions anciennes, que j'ai signalées, tandis qu'on reconnaît avec évidence que les cailloux roulés qui recouvrent presque exclusivement les hauteurs sont composés de quartz hyalin et de grès des terrains crétacés.

Cette différence est très remarquable sur la route de Bagnères de Bigorre à Tournay, la vallée de l'Adour étant semée de galets et de blocs énormes de granite, tandis qu'on n'en observe plus

un seul sur les coteaux d'Orignac et de Cieuta.

Les galets disséminés au milieu des argiles et des poudingues tertiaires des environs de Pau sont en grande partie calcaires. Cette circonstance se représente dans toute la bande des terrains tertiaires déposés aux pieds des Pyrénées, tandis que les galets de la mollasse, qui s'appuient sur les montagnes de la Vendée et du Limousin, sont formés entièrement aux dépens des terrains anciens; cette différence remarquable entre les élémens d'un même terrain et dans un même bassin, montre que les formations tertiaires, quoique résultant d'une cause générale qui a agi à la même époque, ont cependant été formées presque sur place et aux dépens des roches qui se trouvaient à la proximité de chaque dépôt. L'abondance des galets de calcaire est peut-être la meilleure preuve que l'on puisse donner de ce fait intéressant, le peu de dureté de cette substance ne lui permettant pas de subir une trituration prolongée; en effet l'on ne trouve que rarement des galets calcaires dans les terrains de transport qui occupent le fond des vallées des Pyrénées, et s'élèvent jusqu'à une certaine hauteur sur leurs pentes; cependant ces terrains d'alluvion sont comme les terrains tertiaires formés aux dépens des roches qui existent dans les Pyrénées, et en outre des terrains tertiaires où les galets de calcaire sont si abondans.

Différence
entre
les terrains
d'alluvion
et les terrains
tertiaires.

Les terrains tertiaires doivent donc avoir été formés presque sur place, et sans que leurs élémens aient éprouvé un grand frottement; on comprend alors que leur composition soit soumise à une foule de causes locales, et qu'à une petite distance une même assise puisse se présenter sous des formes très différentes. La continuité des couches, le passage des unes aux autres, et surtout leur position relative, sont donc des caractères importans à constater, pour établir la contemporanéité des différentes parties de ces terrains; l'identité de composition, très bonne aussi, ne se présente que rarement.

La différence de nature entre les galets des terrains tertiaires et des terrains d'alluvion est souvent un caractère utile pour distinguer ces deux terrains, qui se présentent quelquefois avec le même aspect; par exemple, aux environs de Mirrepoix, de Pamiers et de Varilhes, la régularité du terrain d'alluvion, et la hauteur assez considérable qu'il atteint au-dessus de la vallée, m'ont fait douter pendant quelques instans de l'époque géologique de ces dépôts modernes; mais l'examen des galets m'a bientôt convaincu qu'ils appartenaient tous au terrain d'alluvion ancien. La différence d'époque entre ces deux dépôts de sédiment est du reste marquée d'une manière positive par l'apparition des ophites qui a eu lieu

postérieurement au dépôt des terrains tertiaires les plus modernes, et antérieurement au terrain de transport.

La mollasse d'eau douce qui forme une épaisseur considérable, au nord de la Garonne, et qui constitue tout le pays compris sous le nom de Landes de la Saintonge, est presque complètement à l'état de sables et de galets siliceux : d'après les caractères extérieurs de cette contrée, on est conduit d'abord à la supposer couverte d'une alluvion; mais bientôt on reconnaît que ces sables admettent dans quelques points un mélange de calcaire et de silex opalin qui indique une liaison avec ce calcaire d'eau douce; en outre, dans quelques localités, et notamment à la Grave, résidence de M. le duc Decazes, on a trouvé des ossemens de paléothérium et de tortues d'eau douce, caractéristiques du second étage des terrains tertiaires.

Mollasse
sablonneuse
de
la Saintonge.

La mollasse se présente à l'état sablonneux, comme dans la Saintonge; de plus les couches ne sont pas continues sur une grande longueur, passent de l'une à l'autre ou se superposent de différentes manières. Enfin, les sables siliceux, l'argile et les galets, qui en forment les élémens essentiels, varient d'abondance à chaque instant, de manière qu'une même couche change de caractère sur une très petite longueur. Je vais

néanmoins indiquer la disposition que l'on observe dans les collines qui bordent l'île, et le Larry, un de ses affluens.

Près de Montguyon on voit immédiatement, au contact du grès vert, des couches puissantes de sables argileux mélangés de galets; les grains de sable, presque toujours anguleux, rarement plus fins que les grains de millet, sont composés principalement de quartz hyalin blanc. Les galets, ordinairement de même nature, sont fréquemment encore de granite et de granite graphique analogues aux roches anciennes du Périgord. L'argile mélangée à ces couches sablonneuses est fortement colorée par du fer; souvent même ces sables contiennent des petits nodules de minéral de fer disséminés très irrégulièrement. La variété de grosseur du sable, le mélange plus ou moins considérable de galets, et l'intensité de la coloration sont des caractères qui rendent très sensible la différence qui existe entre les strates et les couches; les premières, qui ne sont que des élémens des couches, présentent des lignes de séparation souvent fortement inclinées, tandis que les couches sont parfaitement horizontales.

Argiles
et lignites.

Ces sables deviennent très argileux à Chepniers, à une demi-lieue au sud-ouest de Montlieu, et au Gibaut: ils passent même à des argiles verdâtres assez pures pour être employées à la fabrication

de poteries, et surtout de grès d'assez bonne qualité. On trouve quelquefois dans ces argiles des lignites sur lesquels on a fait, à plusieurs reprises, des recherches infructueuses : la réunion des argiles propres à la poterie fine et de lignites a fait supposer par quelques personnes que ces sables appartenaient à l'argile plastique; mais leur superposition sur le calcaire grossier est incontestable. Les argiles ne forment pas de couches régulières, elles constituent seulement des amas ou des veines qui se terminent en coins. On trouve assez fréquemment au milieu de ces sables des parties consistantes, qui sont de véritables mollasses. Dans les environs de Montlieu, cette roche n'est qu'accidentelle, tandis que dans la colline de la Grave et de Bonzac, dont je parlerai bientôt, elle forme des couches puissantes.

Au-dessus de ces argiles on trouve, près de Lagorce, des couches plus ou moins puissantes de sable et de galets, soit disséminés au milieu du sable, soit réunis par bandes, et y formant de véritables strates.

Le sommet des plateaux de ce terrain sablonneux est fréquemment couvert de blocs de mollasse à ciment calcaire, de silex cariés, quelquefois même de véritable calcaire siliceux, enfin de grès analogues à celui de Fontainebleau, produits par l'agglomération du sable, soit par un

Grès
et calcaire
siliceux
dans
les sables
de la molasse.

ciment siliceux, soit par un ciment calcaire. Ce grès est presque toujours en blocs arrondis et tuberculeux, à la manière des concrétions d'agate. Dans quelques circonstances le calcaire a été assez abondant pour imprimer la forme au grès qu'il a empâté, et l'on trouve des cristaux en rhombèdres inverses qui rappellent ceux des environs de Fontainebleau et de Nemours. Si on cherche l'origine de ces espèces de blocs erratiques, on reconnaît bientôt qu'ils sont en place, et qu'ils proviennent de la destruction du terrain par les agens atmosphériques lesquels ont entraîné le sable et les argiles qui les entouraient, et les ont ainsi laissés à nu. Nous avons vu en place, entre Monthieu et Mont-Guyon, dans une tranchée récemment ouverte pour la grande route de Paris à Libourne, un assez grand nombre de ces blocs de grès calcaire et de calcaire siliceux; cette dernière roche diffère de celle qui accompagne les meulières de Paris, seulement en ce qu'elle contient des petits galets de quartz hyalin, empâtés dans sa masse; quant au grès, il est à grains plus gros que celui de Fontainebleau; on y distingue aussi très bien les petits galets quartzeux qui ont été agglutinés par le ciment.

Empreintes
végétales
dans le grès
de Bergerac.

A Bergerac, où le même terrain se prolonge, les blocs de grès sont très nombreux; on les exploite pour le pavage de la ville de Bordeaux.

La position de Bergerac sur les bords de la Dordogne permet d'exporter ce grès assez loin. Le pavage de Bayonne est en partie exécuté avec cette roche. Outre son abondance, le grès de Bergerac est encore intéressant, parce qu'il contient une assez grande quantité d'empreintes de feuilles de dicotylédones et de conifères. Ces plantes fossiles, dont on trouve les analogues dans le calcaire d'eau douce de Sijean, nous fournissent une raison de plus pour identifier la mollasse sablonneuse de la Saintonge à l'assise inférieure de l'étage moyen.

J'ai annoncé que dans le coteau de Bonzac la mollasse solide forme des couches puissantes, et qu'elle renferme des ossemens fossiles de paléothérium et de tortues. Ce coteau, qui borde la rivière de l'Île, est formé, jusqu'aux deux tiers de sa hauteur environ, par une succession de couches de mollasse, composée de grains de quartz hyalin, de fragmens de feldspath et de quelques paillettes de mica. La pâte de ce grès est argileuse et feldspathique; le mélange d'argile rend cette pierre impropre aux constructions, malgré son assez grande solidité.

Au milieu de cette série de couches de mollasse, environ à 45 mètres au-dessus du niveau de la rivière, existe une couche d'argile grise bitumineuse, de 8 à 10 pouces de puissance, dans laquelle on a trouvé, en faisant la recherche d'une

Ossements
de
paléothérium,
etc.,
dans
la mollasse.

source d'eau vive, des squelettes de trois paléothériums, de tryonix et d'émydes. Ces espèces de paléothériums sont différentes de celles dont on trouve les dépouilles dans les couches de pierre à plâtre de Montmartre.

La différence entre les espèces de paléothériums est d'accord avec l'âge relatif des terrains tertiaires de ces deux localités.

La série de couches solides précédentes est recouverte par une épaisseur de 20 mètres environ d'un grès argileux effervescent; à grains fins et très micacé, à la fois jaunâtre et blanchâtre; ses caractères extérieurs ont une analogie complète avec la mollasse de Montauban et de Toulouse.

Le coteau de Bonzac, dont la pente est assez douce, s'élève alors brusquement, et présente une espèce de chapeau dont la couleur blanchâtre contraste de loin avec l'aspect général du pays. Il est formé de mollasse à grains très fins, dont la pâte calcaire devient très dominante vers le haut du coteau: celui-ci est recouvert de marnes d'eau douce et de quelques fragmens de calcaire siliceux. La hauteur de Bonzac est la même que celle du plateau qui forme le pays au nord de l'île; les marnes qui la recouvrent représentent les blocs de calcaire siliceux et de mollasse à pâte calcaire, dont j'ai indiqué la présence près de Montguyon et de Montlien.

J'ai déjà mentionné près de Beaumont l'existence du gypse, au milieu des couches de calcaire d'eau douce. Cette substance, rare dans la partie Ouest du bassin tertiaire du Midi, est au contraire assez fréquente vers son extrémité Est (1); on en trouve avec quelque abondance à Sijean, à moitié chemin de Perpignan à Narbonne, près de cette dernière ville, à une petite distance de Castelnaudari, et surtout aux environs d'Aix en Provence; dans ces différentes localités, le gypse existe dans la même position géologique et se présente avec les mêmes caractères.

Les carrières des environs de Narbonne et d'Aix sont les plus importantes; nous allons donner quelques détails sur les premières; les carrières d'Aix ayant déjà été le sujet de plusieurs descriptions. Le terrain d'eau douce de Narbonne contient en outre des amas assez considérables de soufre, circonstance qui donne encore plus d'intérêt à cette localité.

Les couches de ce terrain sont inclinées vers le Nord 20° Ouest; cette direction est due à l'apparition des ophites, dont on voit plusieurs monticules à une petite distance; par suite de cette in-

(1) Il ne faut pas confondre le gypse tertiaire avec le gypse qui est en relation avec les ophites : ce dernier est beaucoup plus abondant et ses dépôts plus nombreux.

clinaison, les couches affleurent successivement au jour, et l'on observe au-dessous et au-dessus du gypse des couches plus ou moins nombreuses de calcaire d'eau douce. Plusieurs carrières de pierre à plâtre peu distantes l'une de l'autre, et qui relient celles de Narbonne et de Sijean, nous fournissent un moyen certain pour bien juger de l'intercalation de cette substance au milieu des marnes d'eau douce.

1. La partie inférieure du terrain d'eau douce, que l'on voit de tous côtés reposer sur les calcaires secondaires des Corbières et de la montagne de la Clapè, se compose d'un conglomérat à galets de calcaire compacte jaune, et de calcaire compacte gris, réunis par un ciment argilo-calcaire; ce conglomérat, dont la puissance est assez considérable, est formé aux dépens de la craie et du lias.

2. Il est recouvert par des marnes schisteuses, jaunâtres, dans lesquels j'ai observé quelque empreintes de feuilles entièrement analogues à celles que j'ai déjà indiquées dans les grès de Bergerac; ces empreintes établissent un rapprochement important entre ces deux localités, et confirment la contemporanéité que j'ai déduite de la superposition entre les différentes roches du terrain tertiaire moyen.

3. L'assise gypseuse est placée au-dessus de ces marnes; elle se compose d'une série de couches de

marnes et de gypse qui alternent ensemble un grand nombre de fois, et sur une épaisseur de 12 mètres environ; les veines gypseuses ont environ 2 à 3 pouces de puissance, et sont séparées par des couches d'argile de 4 à 5. Le gypse est à l'état de petits cristaux disséminés dans la pâte argileuse. Les couches argileuses sont plus puissantes à la partie inférieure de cette assise; elles sont généralement schisteuses, et contiennent quelques veinules, et filets de gypse à l'état fibreux. Celles de la partie supérieure contiennent, dans quelques carrières, des cristaux de gypse groupés d'une manière tout-à-fait analogue à la couche connue dans le bassin de Paris sous le nom de pieds d'alouette. On trouve dans les carrières de Sijean des couches de marnes schisteuses sur lesquelles il existe une multitude d'empreintes de petits poissons, qui appartiennent, d'après l'examen de M. Agassiz, à une espèce fluviatile.

4. Les couches gypseuses sont surmontées d'une série de couches de calcaire d'eau douce assez solide, quoique sa cassure soit plus ou moins terreuse. On ne voit pas cette superposition dans les carrières de Sijean même, mais elle existe d'une manière très prononcée entre Sijean et Narbonne, du côté de l'étang de Bayes. Ces calcaires contiennent une assez grande quantité de lymnées. Une petite couche schisteuse est remarquable par la pré-

sence des potamides; j'ai retrouvé ces couches à plusieurs endroits, notamment à un quart d'heure de Sijean, sur le chemin qui conduit à Durban (1). Il existe fréquemment du silex pyromaque dans les couches supérieures, il forme des rognons qui sont disposés dans le sens de la stratification.

Soufre
dans
le calcaire
d'eau douce.

L'assise gypseuse contient du soufre à Malvési, situé à 6 kilom. environ au nord-est de Narbonne; il a été reconnu par le percement d'un puits fait pour les besoins du domaine; les eaux qui furent découvertes par ce puits étant noires et très bitumineuses, on prolongea le puits jusqu'à 25 ou 30 pieds pour en chercher de meilleures. Ce percement apprit alors que les eaux devaient leur odeur à des rognons ou amas de soufre disséminés au milieu de l'argile schisteuse; je vais donner la succession des couches traversées par ce puits; elle fournira un nouvel exemple de la disposition du gypse dans le terrain. Les couches sont inclinées dans le puits d'environ 20°; elles se dirigent du sud-ouest au nord-est, et plongent vers le nord.

1. La couche inférieure est une argile schis-

(1) M. Marcel de Serres a indiqué la présence d'insectes dans les marnes qui accompagnent la pierre à plâtre de Narbonne.

teuse dure, dans laquelle on a trouvé quelques rognons de soufre et un peu de lignite.

2. Calcaire marneux, avec petits filets de gypse fibreux qui courent dans différens sens.

3. Argile schisteuse analogue au n°. 1^{re}, à rognons peu abondans de soufre.

4. Couche de gypse de 3 pouces de puissance; elle est presque pure; donne une excellente pierre à plâtre semblable à celle de Montmartre.

5. Argile tendre, très épaisse, contenant des rognons ou amas aplatis de soufre, dont l'épaisseur moyenne est d'un pouce; ces rognons forment deux couches non suivies; c'est le point le plus riche en soufre.

6. Marne dure, schisteuse et rubannée; elle a une odeur bitumineuse très forte; c'est à la plus ou moins grande richesse en bitume de ses feuillets qu'elle doit son aspect rubanné.

7. Marne schisteuse contenant des cristaux de gypse, formant des petites couches de deux pouces; les cristaux sont disséminés en trop petite quantité pour donner une bonne pierre à plâtre: ils sont plus gros que dans la couche n°. 4.

8. Marne rubannée présentant des petites veines de soufre, disposées selon le sens des feuillets.

9. Analogue à la couche n°. 7.

10. Argile à tissu compacte, contenant quelques cristaux de gypse en fer de lance.

11. Marne argileuse à schistes contournés.

12. Argile compacte, dans laquelle on trouve un assez grand nombre de cristaux de gypse, ayant 5 à 6 pouces de longueur, et complètement limpides.

13. Argile gypsifère ayant un pied de puissance; le milieu est occupé par une petite couche de gypse fort riche de trois pouces de puissance; le soufre y forme aussi une veine d'un demi-pouce d'épaisseur, mais dans laquelle cette substance est disséminée.

14. Petite couche de silex pyromaque de 4 pouces de puissance, contenant du soufre, tant à l'état terreux qu'en cristaux.

15. Argile schisteuse jaunâtre, contenant de petits cristaux de chaux sulfatée: elle a 20 pouces de puissance, et contient trois petites couches chacune de deux pouces de puissance de chaux sulfatée cristalline.

Cette couche est la première couche solide que le puits ait traversée; au-dessus existe une épaisseur assez considérable de terrains d'alluvion.

Le soufre forme des rognons disséminés d'une manière assez régulière; il s'y trouve à deux états différens: quelques échantillons possèdent l'éclat vitreux habituel aux cristaux de soufre; mais dans la plupart des rognons, cette substance est d'un blanc jaunâtre terreux, complètement mate, ne

rappelant en rien les caractères extérieurs du soufre; néanmoins ces rognons sont composés de soufre presque pur, l'analyse en ayant donné jusqu'à 95 pour 100. Cette variété a une pesanteur spécifique moindre que le soufre cristallisé, 1,98 au lieu de 2,07. Elle prend de l'éclat par la râclure.

Le gisement de la pierre à plâtre à Aix et dans les environs de Narbonne est le même; en effet, si on compare les différentes circonstances qui accompagnent le gypse, dans ces deux localités, on reconnaît qu'il existe une identité complète; non-seulement dans la position géologique, mais même dans les plus simples détails. Dans l'une et l'autre, le gypse est déposé au milieu du calcaire d'eau douce; il forme de petites couches alternatives, assez pures, alternant avec des marnes schisteuses, et il se trouve en cristaux disséminés au milieu de ces marnes. La pierre à plâtre et les marnes contiennent des squelettes de poissons d'eau douce, des insectes, et même des empreintes de plantes. Un peu au-dessus du plâtre on trouve à Aix; comme à Sijean, des couches de calcaire avec potamides, et des rognons de silex; enfin un poudingue calcaire forme aussi, dans ces deux localités, la base du terrain.

Comparaison
du gisement
de la pierre
à plâtre
à Aix
et à Sijean.

Position des lignites dans le terrain d'eau douce.

Le Midi, très pauvre en mines de houille, possède, comme par compensation, un grand nombre d'exploitations d'un combustible compact, dans lequel le tissu végétal est complètement effacé, du moins dans les morceaux fraîchement extraits du sein de la terre; mais au bout de peu de temps d'exposition à l'air, il s'exfolie et le tissu ligneux est mis à nu; les usages de ce combustible dans les arts, ainsi que ses caractères chimiques, se réunissent à ceux tirés de sa structure pour le faire ranger parmi les lignites.

Ce combustible existe dans presque toutes les parties du bassin tertiaire, occupé par le calcaire d'eau douce; mais souvent il n'est pas assez abondant pour être exploité.

Ses principales mines sont à la Caunette et à Minerve, près de Carcassonne, à Saint-Paul-du-Mont-Carmel, près Montpellier, au Pont-Saint-Esprit, dans le Gard à Gardanne, et dans le département des Bouches-du-Rhône; si on examine la position de ces différentes mines sur une carte géologique, on reconnaît bientôt qu'elles sont toutes à la limite inférieure des terrains tertiaires, et au contact des terrains secondaires; cette disposition conduit naturellement à

les regarder comme appartenant à la partie la plus ancienne des terrains tertiaires : alors on les assimile aux lignites qu'on trouve dans l'argile plastique des environs de Paris. Mais si on étudie de proche en proche les différens dépôts tertiaires du Midi, on reconnaît bientôt qu'ils se lient avec les lignites qui existent dans les Landes, à Béliet, ainsi que ceux que nous avons déjà indiqués près du Gibéau, dans la Saintonge; or, ces derniers dépôts de combustible appartiennent d'une manière certaine au second étage des terrains tertiaires; lequel repose, ainsi que je l'ai indiqué, en stratification interrompue sur le calcaire grossier; c'est donc également à cet étage que l'on doit rapporter les couches puissantes de Gardanne. La conclusion qui résulte de la position semblable des dépôts de lignite peut se déduire également, et peut-être même avec plus de certitude, de la continuité du calcaire d'eau douce, lequel est, ainsi que je l'ai montré constamment, le même depuis Marseille jusqu'à La Réole, où il repose sur le calcaire grossier.

Le lignite forme des couches assez continues, dont le nombre varie d'une localité à l'autre; dans plusieurs mines, il n'existe qu'une couche exploitable; dans quelques autres, ce nombre est assez grand; ainsi, à la Caunette, on connaît trois couches de lignite, et à Gardanne il s'élève à

neuf. Ces différentes couches ne sont pas continues, et ne se retrouvent pas dans toutes les mines : une seule présente les neuf couches réunies. L'épaisseur de ces diverses couches varie de 0^m,40 à 1^m; une seule couche, désignée sous le nom de grande couche, a 1^m,50 de puissance; elle est connue par plusieurs exploitations.

Le gisement du lignite étant presque identique dans toutes les localités où on l'exploite, il suffit pour constater la position que ce combustible occupe dans le terrain, de donner un ou deux exemples. Je choisirai de préférence les environs de Saint-Chinian et de Saint-Paul-du-Mont-Carmel, parce que le calcaire d'eau douce y présente, une compacité qui ne lui est pas habituelle.

Lignite
de
St.-Chinian.

On exploite dans le voisinage de Saint-Chinian le lignite, à Minerve, à la Caunette, à Saint-Chinian et à Cessenon. Ces quatre points, dont les deux extrêmes sont éloignés d'environ 24,000 mètres, sont placés exactement sur une même ligne droite, qui fait, avec la ligne Est et Ouest, un angle de 22° à 24°, direction qui est celle de toutes les couches de ce pays. Il résulte de cette identité de direction que les différens dépôts de lignite appartiennent à la même assise. Effectivement, lorsqu'on suit pas à pas cette direction, on reconnaît que le terrain est constamment bitu-

mineux, et si la cause qui a déposé les lignites n'a pas produit partout des masses d'une égale puissance, cependant elle paraît avoir agi constamment.

1°. La partie inférieure du terrain d'eau douce est composée à Saint-Chinian de couches argileuses tendres contenant quelques galets de quartz; outre ces couches argileuses, on voit aussi des couches de grès à gros grains, dont la pâte est argileuse; elles sont analogues, par l'ensemble de leurs caractères, à certaines couches de mollasse, quoique les galets soient plus gros qu'il n'est habituel de les voir dans ce grès; ces couches inférieures sont fréquemment rougeâtres, quelquefois même elles sont rouges, et comme elles se délitent facilement, elles ont, dans quelques circonstances, notamment près de la mine de Cessenon, l'apparence des marnes irisées. Mais ces marnes ne sont pas micacées : elles contiennent en outre des modules calcaires qui correspondent aux concrétions de Castres; le grès est lui-même fortement effervescent, propriété que ne possèdent pas les marnes irisées; le lignite exploité à la métairie de la Motte, et que l'on désigne sous le nom de mine de Cessenon, est placé au milieu de ces couches de mollasse. L'argile schisteuse qui accompagne le lignite contient des lymnées et des planorbes, dont la présence ne laisse aucun doute

sur l'âge du terrain. Cette circonstance, est d'autant plus heureuse, que le calcaire supérieur au lignite est d'une compacité peu ordinaire dans les terrains modernes.

A la Caunette, le lignite est placé au milieu de couches de calcaire marneux; plusieurs mines sont ouvertes sur des couches qui varient un peu d'épaisseur; dans la mine située à un quart d'heure de la ville, sur la route de Bize, il existe trois couches; deux seulement sont assez puissantes pour être exploitées avec profit; dans l'une d'elles, l'inférieure, le lignite est d'un noir brunâtre, il est compacte, et sa cassure luisante et un peu résineuse ne rappelle en aucune manière le tissu ligneux; sa couleur a souvent fait désigner ce combustible sous le nom de houille brune.

La seconde couche est composée d'un combustible schisteux, noir, terne, qui se fendille dans différens sens par l'exposition à l'air; le tissu végétal, peu sensible quand le lignite est récemment tiré de la mine, se développe par l'effleurissement qu'il éprouve. Cette couche est de moins bonne qualité; d'abord le lignite est mélangé d'une certaine quantité d'argile, en outre il contient quelques pyrites qui hâtent sa décomposition, et rendent nécessaire son emploi presque immédiat; cette circonstance ne permet pas de faire

Mine
de
la Caunette.

d'approvisionnement et restreint beaucoup les exploitations.

La puissance réunie de ces deux couches de combustible varie de 1^m,20 à 1^m,60, l'inférieure est la plus épaisse; ces deux couches sont séparées par un calcaire schisteux et bitumineux; ayant quelque analogie avec les argiles schisteuses du terrain houiller; mais deux circonstances le distinguent complètement de ces argiles; la première, de faire effervescence, la seconde, de contenir, au lieu d'impressions végétales, des coquilles d'eau douce; ces fossiles sont surtout abondans dans la partie immédiatement en contact avec le lignite; ils sont en général très comprimés, et se distinguent par la couleur blanche de leur têt; les planorbes dominant beaucoup; on trouve en outre des mytilus dont le têt violacé présente encore l'éclat nacré et la couleur qui lui est propre; les lymnées sont rares, cependant on en voit quelques-unes, ainsi que des paludines et des mélanies.

Fossiles
d'eau douce
très abondans.

La couche inférieure de lignite repose sur du calcaire argileux rosé, contenant des nodules calcaires plus solides que la masse; on ne trouve pas de fossiles dans l'intérieur de ce calcaire, sa surface de contact avec le lignite en est au contraire chargée.

Le lignite est recouvert par des couches puis-

santes de calcaire d'eau douce assez compacte, dans lequel on aperçoit, de distance en distance, des planorbes passés à l'état spathique.

Une seconde série de calcaire argileux, gris sale, contenant une quantité considérable de planorbes et de lymnées ayant leur têt, succède au calcaire compacte. On trouve ensuite un grès gris foncé, composé de grains quartzeux et d'un ciment calcaire grisâtre, qui donne à la roche une cassure esquilleuse. Ce grès, pénétré d'une grande quantité de petits filets spathiques, est intercalé au milieu du calcaire d'eau douce, et offre un nouvel exemple du passage de la molasse et du calcaire.

Dans la vallée de Saint-Chinian, les couches associées aux lignites sont plus développées qu'à la Caunette; elles occupent le fond de la vallée où elles forment un talus alongé; leur mélange de calcaire et d'argile communique au sol une fertilité qui présente un contraste frappant avec l'aridité des escarpemens abruptes de calcaire compacte qui les recouvre, et sur lesquels on aperçoit seulement de loin en loin quelques chênes verts, ou des vignes sauvages dont les rameaux grimpans s'entrelacent dans les rochers, et donnent un aspect pittoresque à ce site ingrat et sauvage.

Le calcaire qui forme les escarpemens est de

deux espèces; les couches inférieures, encore très mélangées de bitume, sont d'un gris bleuâtre, à cassure compacte, et légèrement esquilleuse. Au village de Pierrevue, situé à une demi-lieue au sud-est de Saint Chinian, ce dernier caractère est très prononcé. Le calcaire des escarpemens aux pieds desquels est placé ce village, et qui se prolongent jusqu'au bord de la rivière dont ils resserrent fortement le lit, a tous les caractères du lias; j'ai commis cette erreur la première fois que j'ai visité le Languedoc, et je crois que l'on suppose encore généralement que ce calcaire appartient aux formations jurassiques; mais j'y ai trouvé des fossiles d'eau douce, et de plus j'ai constaté qu'il repose sur la craie. Cette nouvelle classification des terrains de St.-Chinian et des escarpemens qui se prolongent jusqu'à la montagne du Mont-Carmel, donne une grande simplicité à la carte géologique de cette contrée, et est plus en rapport avec les accidens du sol.

Calcaire
d'eau douce
très compacté.

La seconde espèce de calcaire est blanc jaunâtre, à cassure esquilleuse; à bien dire, c'est le calcaire précédent dans lequel il n'existe pas de mélange de bitume. Sa position éloignée des lignites explique sa pureté; ces deux variétés de calcaires sont très pauvres en fossiles; je n'ai pu en trouver aux environs de St-Chinian même, mais j'en ai

recueilli dans le prolongement de ces escarpements, ainsi que je le dirai bientôt.

Poudingue
calcaire
dans
le terrain
d'eau douce.

Cette localité présente une roche, que nous n'avons pas encore indiquée dans le terrain d'eau douce, et qui est très fréquente dans la partie Est du bassin tertiaire du midi. Elle consiste en un poudingue calcaire, composé de galets de calcaire compacte appartenant la plupart aux terrains de craie. Ces galets, rarement plus petits qu'un œuf, tantôt jaunâtres, tantôt d'un gris assez foncé, sont toujours esquilleux; ils sont reliés par un ciment de calcaire d'eau douce, fréquemment rosé, et quelquefois même assez fortement coloré en rouge. Ce poudingue, fort abondant dans le calcaire d'eau douce des environs d'Aix en Provence, est connu dans les arts sous le nom de *brèche du Toulonnet*, qu'il a emprunté au village où il est exploité, près d'Aix. Ce poudingue fournit un marbre d'un aspect assez agréable, par la diversité de couleurs des galets et de la pâte; son emploi est maintenant peu considérable, mais sous Louis XIV il était très répandu: et dans beaucoup de maisons élégantes, construites à cette époque, on employait la brèche du Toulonnet comme objet d'ornement; ces couches de poudingue s'observent aux moulins Réals, où l'on traverse l'Orb pour aller de Saint-Chinian à Murviel; elles forment un défilé étroit et élevé, au milieu

Brèche
du
Toulonnet.

duquel l'Orb est très resserré. Ce poudingue est supérieur aux couches argileuses qui contiennent les lignites de Cessenon.

Les escarpemens de Saint-Chinian se prolongent beaucoup à l'Est, et forment la montagne du Mont-Carmel, remarquable par la hauteur que le calcaire d'eau douce y atteint, ainsi que par ses caractères; la route qui conduit de Clermont-de-Lodève à Montpellier est ouverte transversalement aux couches, et fournit une des coupes les plus intéressantes à étudier; je la citerai parce qu'il existe aussi au Mont-Carmel plusieurs exploitations de lignite; elle complétera ce que nous nous proposons de dire sur le terrain d'eau douce du second étage des terrains tertiaires.

Calcaire
compacte
du défilé
du
Mont Carmel.

La hauteur à laquelle le terrain tertiaire s'élève au Mont-Carmel paraît due au croisement de deux soulèvemens différens, plus modernes l'un et l'autre que les terrains tertiaires; en effet, dans la première partie du défilé, du côté de Gignac, les couches se dirigent Est 20 à 25° Sud, tandis que près du sommet de la montée, les couches reprennent la direction Est 20 à 25° Nord, qui lui est commune avec les escarpemens de Saint-Chinian, et de toute cette bande de calcaire d'eau douce; cette dernière direction est due au soulèvement de la chaîne principale des Alpes, et des

ophites; la plupart des accidents de la Provence s'y rapportent.

D'après l'inclinaison du terrain, les couches qui plongent vers le sud et qui forment le haut de la montagne sont les plus anciennes, je commencerai par les indiquer :

1. Près du bourg du Mont-Carmel, on trouve des marnes rougeâtres analogues à celles de Saint-Chinian et de Cassenon; ces couches, souvent en partie sableuses, passent à un grès grossier; elles sont associées à un calcaire argileux gris, qui alterne avec elles; c'est au milieu de ces dernières couches qu'existe le lignite sur lequel on a fait depuis quelque temps des recherches jusqu'ici peu fructueuses. Elles sont ouvertes environ à un quart d'heure au nord-est du bourg: la couche de lignite que l'on explore peut avoir de 0^m,45 à 0^m,60 de puissance; elle est enclavée dans une marne noire schisteuse qui en forme le toit et le mur (*Pl. II, fig. 5*). Un petit lit de ces marnes contient une prodigieuse quantité de lymnées et de planorbes avec leur têt.

Ce lignite est compacte, n'offre aucune trace d'organisation végétale; son mélange de terre et de pyrites le rend de mauvaise qualité et le fait déliter promptement: les couches du terrain plongent, à l'exploitation même, de 30° vers le Sud 25° Est, direction très rapprochée de celle

du lignite de Cessenon. Dans la galerie et dans le puits, ouverts pour la recherche de ce combustible, on voit le lignite intercalé entre des couches argileuses rougeâtres qui en forment le mur, et de calcaire compacte argileux, placé au toit.

2. Un calcaire compacte, gris clair, à cassure presque toujours esquilleuse, repose sur le calcaire argileux qui accompagne le lignite; le premier calcaire forme une série de couches, dont l'ensemble présente une puissance considérable; c'est même probablement à cette épaisseur que sont dus en partie les caractères de ce calcaire d'eau douce, qui se rapportent plutôt aux formations jurassiques qu'à des formations tertiaires. C'est à la même cause que l'on doit attribuer la rareté des fossiles disséminés dans le calcaire, les lymnées et les planorbes vivant ordinairement sur les bords des rivages. Les caractères du calcaire d'eau douce ne changent point dans le long défilé que la route parcourt entre le bourg du Mont-Carmel et Saint-Jean-de-Laval; les couches sont presque verticales (70° à 80°), et fortement contournées en grand; elles sont en outre fendues dans tous les sens, ce qui tient à la pression qu'elles ont subie, et surtout au double relèvement qu'elles ont éprouvé.

J'ai recueilli quelques échantillons contenant des lymnées, des planorbes et des mélanies; la

plupart de ces fossiles sont disséminés dans une petite couche argileuse : mais j'ai également recueilli plusieurs fossiles dans des couches compactes et esquilleuses. La présence de ces fossiles, malgré leur rareté, confirme la réunion de ce calcaire au terrain tertiaire, laquelle résulte également de sa position au-dessus des lignites.

3. Le commencement de la montée est sur un calcaire terreux, de teinte rosée, remarquable par une grande quantité de nodules plus durs, qui se séparent de la masse lorsqu'elle est exposée un certain temps à l'action de l'air. Le calcaire rosé contient une grande quantité de lymnées et de planorbes; il repose immédiatement sur des calcaires esquilleux; lesquels sont par conséquent intercalés au milieu du terrain d'eau douce.

4. Des couches de marnes maculées, de différentes couleurs, semblables à la mollasse de Montauban, recouvrent le calcaire rosé; elles sont associées au même poudingue calcaire que j'ai signalé aux moulins de Réals, près Saint-Chinian.

5. Ce terrain d'eau douce est surmonté par des couches, contenant de nombreuses coquilles marines, appartenant à la mollasse coquillière. On observe cette superposition aux deux extrémités du défilé du Mont-Carmel : sur la pente vers Gignac, la mollasse coquillière est représentée par

des sables argileux; contenant des nodules solides cimentés par du calcaire. Les fossiles y sont répandus avec une grande profusion, et les nodules en sont en grande partie formés. Dans la descente, vers Montpellier, la mollasse coquillière repose également, un quart d'heure avant Juviniac, sur le poudingue d'eau douce; dans cette seconde localité, cette roche est presque entièrement composée d'un calcaire très-caverneux et cristallin.

De la mollasse coquillière.

J'ai fait connaître précédemment les principaux caractères de la formation d'eau douce qui occupe la partie inférieure du second étage des terrains tertiaires dans le Midi; pour compléter l'étude de cette assise, je vais donner maintenant quelques détails sur la formation marine qui la recouvre, laquelle est désignée généralement sous le nom de *mollasse coquillière*; cette dénomination pourrait peut-être faire supposer qu'elle présente une certaine identité avec la mollasse d'eau douce qui contient des dépouilles de grands animaux, mais ces deux formations, distinctes par les circonstances qui ont accompagné leur dépôt, le sont également par leur ordre de superposition, quoiqu'elles appartiennent toutes deux au second étage tertiaire.

Le calcaire marin de l'Agennais, celui de Béziers, le calcaire moëllon de M. de Serres, sont, ainsi que je l'indiquerai, tous supérieurs au calcaire d'eau douce qui forme la base de l'assise qui nous occupe; ces calcaires appartiennent donc par leur position géologique à la mollasse coquillière; les fossiles qu'ils renferment confirment cette réunion; il est vrai que, dans les environs de Montpellier, et dans quelques autres localités, on trouve de petits dépôts de calcaire d'eau douce, supérieurs à cette formation; mais ce dernier calcaire est moderne et appartient à l'assise la plus moderne des terrains tertiaires.

Caractères
de la mollasse
coquillière.

La formation marine du second étage des terrains tertiaires se compose de calcaire, de marnes et de sables argileux : les argiles rougeâtres maculées, si caractéristiques de la mollasse d'eau douce, n'y existent pas. Le calcaire a des caractères assez variables, cependant il n'est jamais compacte à la manière du calcaire d'eau douce, et ne contient pas de silex qui se fondent dans la pâte.

La variété la plus ordinaire possède un tissu lâche; elle est très caverneuse, et se compose en grande partie de débris de coquilles ayant leur têt, de polypiers, et de moules assez variés. Ces différentes parties, naturellement incohérentes, sont liées par un suc de calcaire cristallin, qui

lui donne beaucoup de solidité. Suivant l'abondance de ce ciment, le calcaire devient plus ou moins homogène, et présente des différences apparentes assez sensibles; il contient presque toujours des petits galets quartzeux; leur présence, jointe aux petits polypiers et aux nombreux fragmens de coquilles dont il se compose, montre que cette roche a été déposée sur les parois du bassin. Dans quelques circonstances, comme à Béziers, le calcaire contient beaucoup de grains verts de silicate de fer semblable à celui qui caractérise la craie chloritée. Certaines couches du calcaire grossier des environs de Paris contiennent également, avec quelque abondance, de ces grains de silicate; c'est peut-être à cette circonstance qu'on doit l'assimilation qui a été faite du calcaire marin de Béziers et du calcaire grossier de Paris; mais la première de ces formations appartient bien certainement au second étage tertiaire, et n'en forme pas même l'assise inférieure.

Ces caractères généraux s'appliquent à la plupart des dépôts de calcaire marin de cet étage; cependant, dans quelques localités, comme dans les environs du Pont-Saint-Esprit et de Montpellier, le calcaire présente plus d'homogénéité. Il possède alors une cassure unie et terreuse; c'est une véritable marne endurcie, contenant à la fois des moules et des em-

preintes de fossiles, ainsi que quelques coquilles avec leur têt. Lorsque le ciment calcaire manque, cette formation marine est composée uniquement de débris de coquilles; elle est alors entièrement analogue aux dépôts qui se forment journellement sur nos côtes. Ces amas de coquilles, exploitées pour engrais, ont reçu le nom de faluns; il est rare que les coquilles soient sans aucun mélange de sable, d'argile, et même d'un peu de calcaire; l'on conçoit alors que la limite, entre la mollasse coquillière et les faluns, est assez difficile à établir. Effectivement, dans les landes de Dax, ces deux genres de dépôts sont réunis dans les mêmes carrières, et sont fort peu distincts.

Poudingue
de mollasse
dans
la mollesse
même.

La mollasse coquillière des environs de Gondrain et de Condom en Chalosse contient souvent des fragmens de la roche même, de sorte qu'on voit à la fois des couches régulières de mollasse alternant avec des poudingues à fragmens de mollasse, et à pâte de même nature. Ce fait intéressant, d'accord avec les preuves fournies par l'état des coquilles, et les nombreux galets que la mollasse contient, nous indique que cette roche est littorale, et que les flots la détruisaient au fur et mesure de son dépôt.

Quelquefois le calcaire est représenté par des marnes blanches qu'on pourrait confondre avec

les marnes d'eau douce, sans la présence des nombreux corps marins qu'elles contiennent.

Enfin, dans les Landes, la molasse est à l'état de sable argilo-siliceux, contenant de nombreux fossiles ayant leur têt.

La position relative du calcaire d'eau douce et de la molasse coquillière résulte de l'observation directe; on la déduit en outre dans quelques localités de la disposition générale de ces formations. Le bassin de l'Hérault nous en offre un exemple; le calcaire d'eau douce qui en forme les parois s'appuie immédiatement sur les montagnes de calcaire du Jura, tandis que la molasse coquillière, dont on voit des monticules au centre du bassin, repose sur le calcaire d'eau douce.

Les collines qui bordent la Garonne nous ont déjà fourni des preuves de la superposition du calcaire d'eau douce sur le calcaire grossier; elles montrent également la molasse coquillière supérieure au calcaire d'eau douce, de sorte que, dans une course de quelques heures, on peut étudier la succession des différentes couches des terrains tertiaires du midi; la montagne de Beaufrais (Pl. III, fig. 2), située à peu près à une lieue N. O. de Marmande, nous offre un exemple très prononcé de cette dernière superposition.

Superposition
de la molasse
sur le calcaire
d'eau douce.

1. La molasse sablonneuse, qui dépend du calcaire d'eau douce, la même que j'ai indiquée au bas de l'escarpement des moulins de la Ramière, forme les couches les plus inférieures de la montagne de Beaupuis. Cette molasse argilo-sablonneuse, micacée, ordinairement peu solide, est remarquable par une assez grande quantité de parties feldspathiques blanches.

2. Elle est recouverte immédiatement par du calcaire d'eau douce blanc, peu solide, dont la puissance est d'environ 30 pieds; il contient des lymnées et des planorbes ayant leur têt.

Cette formation d'eau douce est très puissante, elle s'élève environ jusqu'au tiers de la montée dont la hauteur totale est de 140 à 150 mètr. Une formation marine (la molasse coquillière) lui succède.

3. La couche immédiatement en contact avec le calcaire d'eau douce est un sable argileux, composé de grains de quartz hyalin et de feldspath blanc terreux; ce grès est peu cohérent, mais cependant il n'est pas entièrement libre comme celui des Landes. Les grains, d'une grosseur très inégale, ont quelquefois les dimensions d'un pois, ce sont alors de véritables galets. Cette couche contient une grande quantité de petites huîtres et des moules de coquilles spirées, presque tous indéterminables.

4. On trouve ensuite une petite couche d'argile

d'un gris verdâtre, contenant également beaucoup d'huîtres.

5. Une série de couches puissantes d'un calcaire imparfait, très caverneux, mélangé de beaucoup de petits galets quartzeux et de sable succède à la couche d'argile; ce calcaire est assez solide pour être exploité: il contient en abondance les mêmes petites huîtres que j'ai déjà signalées dans les couches n^{os} 3-et 4: on y trouve en outre une grande quantité de moules de coquilles, la plupart spirées. Une surtout qui se rapporte à un ampullaire ou une naticé est très abondante; j'ai recueilli dans cette couche les fossiles suivans:

Tellina bipartita, Lam.

Lucina columbella, et *L. divaricata*, Lam.

Corbula striata, Lam.

Ostrea virginica, Lam.

— plusieurs espèces assez petites.

Ampullaria? ou *natica*?

Cerithium plicatum, *C. margaritaceum*, *C. resectum*,

Trochus benettii, *T. turgidulus*.

Phasianella turbinoides, Lam.

Pleurotoma plicata, Lam.

Fusus subcarinatus, Lam.

Pyrula?

Murex indéterminable.

Conus coronatus? Lam.

Ce calcaire est beaucoup moins homogène que le calcaire grossier, il est en outre très caverneux; mais une différence essentielle, et qui se fait re-

connaître sans qu'on soit obligé d'avoir recours à la superposition, consiste dans l'absence presque complète des milliolites au contraire si abondantes dans le calcaire de l'étage inférieur.

6. Le sommet du coteau est recouvert d'un sable jaunâtre micacé, que je suppose appartenir au troisième étage tertiaire.

Dans toute l'épaisseur de cette formation marine, je n'ai pas vu de couches d'argile maculée de jaune et de blanc, si constantes et si caractéristiques de la mollasse d'eau douce.

Depuis Tonneins jusqu'à Marmande, ainsi que dans l'intérieur des Landes, entre Gondrain, Condom et Agen, on retrouve à chaque pas la superposition que je viens d'indiquer, et constamment avec les mêmes caractères; on l'observe aussi aux environs de Nîmes, de Montpellier et de Béziers. On a cependant annoncé que, dans cette partie du bassin tertiaire, le calcaire marin était inférieur au calcaire d'eau douce. J'ai déjà montré plus haut, en décrivant la coupe du défilé du Mont-Carmel, que la position relative de ces deux formations y est la même. Je donnerai encore un ou deux exemples où cette superposition est bien prononcée.

Entre Montpellier et Nîmes, les deux formations du calcaire d'eau douce et de la mollasse coquillière sont très développées; quelques cir-

constances particulières ont fait penser que le calcaire d'eau douce recouvrait à Sommières la formation marine; mais l'on voit au contraire, très près de cette ville, et en plusieurs points des collines qui bordent la Vidourle, des coupes dans lesquelles la position relative des différentes assises est conforme à ce que je viens d'indiquer.

Superposition
de la molasse
sur le calcaire
d'eau douce
à Sommières.

Cette position est surtout très visible (*Pl. III, fig. 4*) dans une coupe qui, traversant la Vidourle à angle droit, passerait à la fois par le Mont-Carmel et la colline sur laquelle est bâtie le bourg de Ville-Vieille. Le calcaire d'eau douce forme le fond de la vallée. Le sol de la ville de Sommières, qui est sur la rive gauche, est composé de calcaire, ainsi que le chemin de Quissac placé sur la rive droite. Les couches d'abord légèrement inclinées au S. 20° E. se relèvent brusquement vers la colline de Mont-Redon, située à l'ouest de la vallée, de sorte que l'on marche sur les mêmes couches depuis le fond de la vallée jusqu'au sommet de cette colline. Sur le versant opposé à la Vidourle, les couches se terminent au contraire brusquement, et les ravins qui descendent vers l'ouest coupent le calcaire d'eau douce sur toute son épaisseur. Ses couches inférieures reposent immédiatement sur le calcaire à hyppurites et à dicérates qui forment continuité avec les montagnes de Quissac;

le contact est marqué par un poudingue composé de galets appartenant au terrain cretacé, lesquels sont reliés par des marnes rougeâtres maculées, entièrement analogues à celles que nous avons indiquées entre Gignac et Saint-Paul-du-Mont-Carmel.

Sur la pente douce du Mont-Redon, c'est-à-dire celle qui regarde Sommières, on voit, çà et là, ainsi que l'indique la *fig. 4*, de petits dépôts de mollasse coquillière placés en stratification concordante sur le calcaire d'eau douce; ces espèces d'écaillés ont peu d'épaisseur; elles fournissent seulement des témoins qui permettent au géologue d'affirmer la véritable place qu'occupe chacune des formations, place qu'il serait quelquefois difficile d'assigner dans un pays où les dernières révolutions du globe se sont vivement fait sentir, et ont apporté de grands bouleversemens dans les terrains tertiaires, ordinairement si réguliers.

Mollasse
coquillière
de Sommières.

La mollasse coquillière, pour ainsi dire accidentelle sur la rive droite de la Vidourle, forme au contraire des escarpemens élevés sur sa rive gauche; on ne voit plus la superposition immédiate sur le calcaire d'eau douce; mais les couches qui existent au fond de la vallée se prolongent évidemment sous ces escarpemens, ainsi que je l'ai indiqué dans la *fig. 4*. La formation ma-

rine présente des couches nombreuses, mais en général d'une grande uniformité. Elle se compose principalement d'une mollasse à grains assez fins, dont la pâte, presque toujours spathique, réunit des grains de quartz à des fragmens nombreux de corps marins et de coquilles. Cette mollasse contient aussi un grand nombre de poly-piers de très petites dimensions; la grosseur uniforme des grains de quartz et des débris de fossiles donne à la roche une apparence d'homogénéité; quelques couches moins cimentées se délitent par l'exposition à l'air, et rendent le sol sablonneux.

Les couches sont assez régulières en grand; mais si on les examine en détail, on voit qu'elles se composent de strates qui souvent sont obliques aux plans de couches, comme la plupart des roches arénacées. Les nombreux fragmens de coquilles qui entrent dans leur composition sont donc de véritables galets; de même que les grains quartzeux dont elles sont mélangées.

Cette mollasse contient une grande quantité de fossiles, la plupart sont à l'état de fragmens, et par suite il est souvent impossible de les déterminer. Parmi les bivalves, les peignes et les huîtres sont les plus abondans; on ne recueille presque aucun échantillon sans avoir quelques fragmens de ces deux fossiles; les espèces en paraissent variées, mais ils sont presque toujours

tellement brisés, qu'il est impossible de les déterminer. Parmi les univalves, les natices, les trochus, les cérîtes et les turritelles sont aussi très abondans; mais ces fossiles, presque toujours à l'état de moules, ne sont pas assez complets pour qu'on puisse en assigner les espèces. Je vais néanmoins, donner les noms des fossiles que j'ai recueillis à Ville-Vieille.

Pecten laticostatus, Lm.

— *dubius*, Marc. de Serres.

— *striatulus*, Lm.

— plusieurs espèces indéterminables.

Ostrea undata, Lm.

— *colubrina*, Lm.

Arca antiqua.

— *lactea*, Lm.

Pectunculus nummarius, Lm.

— *pulvinatus*, Lm.

Nucula.

Cardium punctatum, Br.

— *serratum*.

— *distans*?? Lm.

Tellina tenuistriata, Desh.

— *rudis*, Lm.

Lucina.

Cytherea.

Natica, plusieurs espèces, toutes de grandes dimensions.

Trochus.

Cerithium.

Turritella.

Buccinum.

Conus.

Murex angularis?

Cypræa elongata, Br.

Je donnerai un dernier exemple de la superposition de la seconde formation marine, sur le calcaire d'eau douce, aux mines de lignite de Saint-Paulet sur les bords du Rhône. Je choisis de préférence ce dernier point, parce qu'il est situé à l'extrémité de la partie du bassin du Midi que j'ai l'intention de faire connaître.

Le calcaire d'eau douce qui contient des indications de lignite dans presque toute son étendue, fournit des exploitations productives dans le département de l'Hérault et du Gard; celle de Saint-Paulet, située à une petite distance du Pont-Saint-Esprit, est une des plus intéressantes par la puissance des couches de combustible, en même temps que par la présence de quelques coquilles marines au milieu des marnes d'eau douce; on y exploite trois couches de lignite; l'inférieur a 6 pans de puissance (54 pouces), tandis que les autres ont 3 pans et 2 pans et demi. Le lignite est compacte, et ne présente que rarement les traces de l'organisation végétale. Il se délite facilement à l'air; il contient une assez grande quantité de rognons d'un succin jaune opaque. Les différentes couches de lignite sont séparées par des marnes bitumineuses, contenant à la fois des coquilles marines et fluviatiles; ces dernières sont de beaucoup les plus abondantes, et les caractères extérieurs de ces marnes s'accordent par:

Coquilles
marines
mélangées
dans
le calcaire
d'eau douce
de St.-Paulet.

faitement avec la nature des fossiles pour faire regarder cette formation comme représentant le calcaire d'eau douce placé à la partie inférieure de la seconde assise des terrains tertiaires.

Les coquilles d'eau douce que l'on trouve dans ces marnes, sont des *lymnées*, des *planorbes* (*Pl. minutus*), des *paludines*, (plus. espèces), des *mélanies* (*M. pyramidata*, *ventricosa*), des *ampullaires*, des *cyrènes* et des *unios*; ce dernier fossile est très abondant; il a conservé son état nacré; une petite couche de 6 à 8 pouces en est presque exclusivement composée.

Les coquilles marines mélangées avec ces marnes, sont des *cérites*, des *cythérées*, des *lucines*, des *tellines* et quelques *huîtres*.

Au-dessus de la dernière couche de lignite, existe une série assez épaisse de marnes et de calcaires jaunâtres, à l'exception des marnes qui contiennent encore des indices de combustible. Une couche placée vers le milieu de la série est remarquable par la grande quantité de *lymnées* et de *cyrènes* qu'elle renferme. Les couches qui terminent cette succession de marnes d'eau douce sont compactes et colorées en gris par une certaine quantité de bitume; elles sont en outre caractérisées par la présence d'une très grande quantité de *gyrogonites* transformées à l'état de calcaire cristallin.

Ici se terminent les marnes d'eau douce, bien distinctes de la formation marine qui les recouvre, quoique ces marnes renferment, ainsi que je l'ai indiqué, un certain nombre de coquilles marines. La forme du terrain et la nature du sol indiquent facilement les limites de ces deux formations. La couche qui repose immédiatement sur le calcaire à gyrogonites est un sable jaunâtre siliceux, faisant effervescence et contenant une très grande quantité de coquilles marines, mais presque toutes à l'état de débris. C'est une couche de véritable falun. Nous y avons recueilli des peignes (*P. dubius*, *P. arcuatus*, *P. inæquicostatus*); des huîtres nombreuses, dont quelques-unes assez grandes me paraissent se rapporter à la *virginiana*; des cardium (*C. lævigatum*, plusieurs moules difficiles à déterminer); des tellines (*T. zonaria*, des moules imparfaits); des cythérées, des cérites, des turritelles, et des turbos.

Ces sables sont recouverts par du calcaire jaunâtre sale, dont le tissu est peu serré et la cassure terreuse; il possède, à peu près, la consistance de la craie, mais il n'en a pas l'homogénéité. Les couches de ce calcaire ont de 2 à 3 pieds de puissance; elles plongent comme tout le terrain au sud 20. E., sous un angle de 10. à 12°. Le calcaire contient des empreintes et des moules assez nombreux de fossiles: les cythérées, les vénus

et les cérîtes, y sont surtout abondantes. Quelques couches sont très riches en huîtres, dont le têt presque toujours bleuâtre est fort épais; une petite couche de 5 à 6 pouces de puissance, placée à la partie inférieure de cette série de calcaires, ressemble à une véritable lumachelle par la profusion avec laquelle ces fossiles y sont répandus.

M. Marcel de Serres indique qu'il a trouvé dans ce calcaire supérieur (1) les fossiles suivans, tous à l'état de moule, mais trop imparfaits pour pouvoir déterminer les espèces auxquelles ils se rapportent :

Cerithium.
Eburna.
Turritella.
Cytherea.

Venus.
Cypriocardia.
Arca.

Si maintenant on compare la nature de ce calcaire et les fossiles qu'il contient avec la formation marine de Sommières, de Nîmes et de Montpellier, on conclura qu'il est identique avec la mollasse coquillière.

Les différens points, où j'ai indiqué la superposition de la mollasse sur le calcaire d'eau douce,

(1) Description des terrains tertiaires des environs de Montpellier.

sont tous placés près de la limite des terrains secondaires et des terrains tertiaires; ces exemples font, par conséquent, connaître l'ensemble de ces dernières formations, et montrent d'une manière incontestable que la mollasse coquillière est constamment supérieure au calcaire grossier.

La formation marine est représentée dans les Landes par des sables siliceux associés quelquefois, comme à Abesse, avec des couches de sables calcaires, paraissant produits par la réunion de débris de corps organisés; ces sables, presque toujours argileux, contiennent des minerais de fer et des coquilles marines avec leur têt; dans quelques localités, ces coquilles sont répandues avec une telle abondance, qu'elles peuvent remplacer les marnes pour l'amendement des terres. Ces amas coquilliers sont identiques avec les faluns de la Touraine par la nature de leur dépôt, et les espèces de fossiles qu'ils contiennent. A Saucats près Bordeaux, à Salles dans les Landes, et aux environs de Dax, ces faluns sont tellement liés à la mollasse, qu'il est impossible de séparer ces deux manières d'être du dépôt marin, lesquels présentent des passages insensibles. C'est toujours à des circonstances locales que l'on doit la prédominance de l'une sur l'autre; la position constante des faluns aux pieds des collines, et la quantité innombrable de coquilles qu'ils

Passage
des faluns
des Landes
à la mollasse
coquillière.

renferment, semblent prouver qu'ils appartiennent à des dépôts littoraux.

Les principaux faluns des Landes sont exploités à Mérignac, Saucats, Léognan, Martillac, la Brède, Saint-Médard-en-Salles, Gradignan, et dans les environs de Dax. La disposition de ces dépôts, et les fossiles qui les composent sont complètement identiques; un seul exemple suffira pour faire connaître leur nature; je choisirai de préférence celui de Saucats, parce que l'on y trouve réunis les faluns et la mollasse coquillière.

Falun
de Saucats.

Le bourg de Saucats est situé à cinq lieues de Bordeaux, le dépôt de coquilles est exploité à quelques minutes des maisons. La couche la plus inférieure, mise à nu seulement dans le petit ruisseau, est une mollasse très-solide, composée d'un ciment de calcaire cristallin empâtant une grande quantité de débris de coquilles marines et des galets de quartz hyalin.

Au-dessus, existe une marne friable, mélangée de beaucoup de sable; cette couche, assez puissante, renferme une grande quantité de coquilles marines ayant leur têt, et la plupart assez bien conservées.

Cette couche se montre également le long des berges du petit ruisseau d'où elle passe au falun exploité près du village; il consiste dans

un sable composé de grains quartzeux et de débris de coquilles réduits en particules très-fines, de manière à être également à l'état sablonneux; ce sable contient une quantité immense de coquilles fossiles marines, toutes très-bien conservées, et dont quelques-unes présentent encore leur éclat nacré. Ce falun possède une certaine solidité; il faut pour l'exploiter se servir de la pioche. Les fossiles qu'il contient sont contigus, et comme soudés les uns contre les autres, sans qu'on puisse distinguer le ciment qui les réunit: après quelque temps d'exposition à l'air, cette roche se désagrège; on l'emploie alors pour l'amendement des terres: les fossiles éprouvent souvent la même action; néanmoins on peut en recueillir un grand nombre d'entiers; les cérites et les turritelles sont seuls difficiles à obtenir bien complets. Le falun de Saucats est une mine féconde pour le conchyliologiste, il a fourni autant d'espèces que le célèbre dépôt de Grignon. Quelque incertitude régnant sur la position des fossiles des Landes, on lira sans doute avec intérêt une liste assez complète des fossiles de ces faluns qui m'a été communiquée par M. Ch. Desmoulins de Bordeaux. La comparaison des fossiles des faluns et de la mollasse coquillière annonce une complète identité entre ces deux dépôts qui ne diffèrent que par l'abondance du ciment calcaire qui relie les fossiles. Une comparaison ana-

logue avec les fossiles du calcaire grossier des bords de la Garonne montre, au contraire, qu'il existe une différence d'âge prononcée entre ces deux formations marines.

FOSSILES DES FALUNS (qu'on pourrait nommer *tandais*)
de Mérignac, Saucats, Léognan, Martillac, la Brède, Saint-Médard en Jalles, Gradignan, et Salles.

Asterias adriatica, Ch. Desm.
Clypeaster marginatus, Lam.
Scutella bioculata varus, Ch. Desm.
(*bifora*, Lam.)

— Faujasii, de Fr.

Echinolampas Richardi, Ch. Des.
(*Clypeaster hemisphericus*,
Lam.)

Spinorbis, } esp. non dét.

Vermilia, }

Serpula arenaria, Broc.

— *intorta* ? Lam.

— (d'autres esp. non dét.)

Acasta, 1 esp. non décrite, dans
les madrépores.

Balanus, 3 esp.

Jouannetia semicaudata, Ch. Des.

Gastrochaena, 1 esp.

Fistulana, 1 esp.

Pholas Branderi, Bast. (*Ph. aperta*
? Desh.)

— *pusilla*, Broc.

Soletellina Labordei, Ch. Desm.
(*Psammobia Labordei*, Bast.)

Solecuretus Basterotii, Ch. Desm.
(*Solen strigilatus*, Var.
Bast.)

— *antiquatus*, var. Ch.
Desm. (*Solen coarctatus*,
Lam.)

Solen ensis, Lam. (très-petit).

— *legumen*, Lam.

— *ventrosus*, Ch. Desm.

— *vagina*, Lam.

Panopæa Faujasii, Bast.

Mya ornata, Bast.

Pholadomya ? (non déterminée)

Lutraria elliptica, Lam.

— *sanna*, Bast.

— (3-6 autres espèces non
déterminées.)

Macra deltoidea, Lam.

— *triangula*, Bast. (var. de
la précédente.)

— *striatella*, Lam.

— (2-3 autres esp. non dét.)

Crassatella sinuata ? Lam.

Erycina elliptica, Lam.

— ?... (1-2 esp. non dét.)

Corbula revoluta, Bast.

— *striata*, Lam.

— *exarata*, Desh. (Saucats ? Coll. Jouannet.)

— (1-3 aut. esp. non dét.)

Petricola peregrina, Bast.

— (3 autres esp. non dét.)

Saxicava anatina, Bast.

— (1-2 autres espèces non
déterminées.)

Venerupitius Lam.

Venerupis Faujasii, Bast.

— (1 esp. non déterminé.)

Ungulina! (*Clotho unguiformis*, Bast.)

Byssomya. (Belle esp. non déterminée.)

Tellina zonaria, Lam.

— elliptica, Broc.

— subcarinata, Broc.

— compressa, Broc.

— bipartita, Bast.

— elegans, Bast.

— (pl. esp. non déterminé.)

Lucina! *leonina*, Nob. Coll. (*Cytherea leonina*, Bast.)

— columbella, Lam.

— divaricata, Lam.

— scopulorum, Bast.

— pomum, Ch. Desm.

— dentata, Bast.

— hiattelloides, Bast.

— gibbosula, Lam.

— neglecta, Baster.

— (quelques espèces non encore déterminées.)

Donax anatum, var. b., Bast.)

— elongata, Lam.

— triangularis, Bast.

Gratelupia donaciformis, Ch. D.

— (*Donax irregularis*, Bast.)

Cyrea Brongniartii, Bast.

— Soverbyi, Bast.

Cyprina islandicoides, Lam.

— id.? var. complanata, Ch. Desm.

Cytherea erycinoides, Lam.

— donacialis, Ch. Desm.

— (*Donax*? *difficilis*, Bast.)

— undata, Bast. (*C. tellinaria*, Lam.)

— nitidula, Lam.

— Deshayesi, Bast.

— multilamella, Lam.

— elegans? Lam. (an *C. erycinoides junior*?)

— lineata, Lam.

— (1-2 aut. esp. non dét.)

Venus corbis? Lam.

— vetula, Bast.

— radiata, Bast.

— casinoides, Lam.

— dysera, Bast.

— (pl. esp. non encore dét.)

Veaicardia Jonanneti, Bast.

— pinnula, Bast.

— unidentata, Bast.

— (2 petites esp. non déterminées.)

Cardium bians! Broc. (à Salles seulement.)

— *Burdigalinum*, Lamark.

(var. spinosa, et var. mutica.)

— discrepans, Bast.

— multicostatum, var. a.,

Bast.

— echinatum, var. b., Bast.

— serrigerum, Bast.

— (2-3 esp. non déterminé.)

Cardita hippopæa, Bast.

— aspera, Lam.

Isocardia cor, Lam.

Area mytiloides, Broc.

— antiquata, Broc.

Ces deux esp. se trouvent à Salles seulement.

— diluvii, Lam.

— cardiiformis, Bast.

— biangula, Lam.

— clathrata, de Fr.

— scapulina, Lam.

— (peut-être quelques petites esp. non dét.)

Pectunculus pulvinatus, Lam.

— cor, Lam.

Nucula margaritacea, Lam.

— emarginata, Lam.

— rostralis, Lam.

Chama gryphoides, Bast. (peut-être 1-2 esp. diff.)

Modiola cordata, Lam.

— (2-3 esp. non dét.)

Mytilus antiquorum, var. b. Bast.

— *Brardii*, Brong.

— *edulis*, Lam.

- Pinna*.. (très voisine du *P. pectinata*, var. b. Lam.
Perna maxillata, Lam.
 — ephippium, Lam.
Avicula phalænææ, Lam.
Lima bulloides, de Fr.
 — (1 esp. non détermin.)
Pecten Burdigalensis, Lam.
 — scabrellus, Lam.
 — multiradiatus, Lam. (*P. fallax*, de Fr.)
 — Beudanti, Baster. (*Pecten gratissimus*, de Fr.)
 — plebeius, Lam.
 — (quelques petites esp. ? non détermin.)
Hinnites... (un seul et très bel individu existe dans la collection de M. Jouannet).
Plicatula (1-2 esp. non détermin.)
Spondylus † *Gæderopus* ?? Lam.
Ostrea flabellula, Lam.
 — cymbula, Lam.
 — nodata, Lam.
 — linguatula, Lam. (on bien voisine).
 — virginica, Lam.
 — (autres esp. non dét.)
Anomia costata, Brœu. (*Anomia Burdigalensis*, de Fr.
 — (1-2 aut. esp. non dét.)
Vaginella depressa, Dand. —
Dentalium coarctatum, Lamark,
 — Deshay. (*Cleodora* (crescis) gadus, Rang.)
 — — entalis, Lam.
 — pseudo-antalis, Lam.
Patella... (M. Jouannet seul en possède.)
Spiricella unguiculus, Rang.
Parmophorus.. (1 belle esp. non dét. très-diff. de celle de Paris).
Emarginula.. (1 esp. non dét.)
Fissurella costaria, Bast.
 — chypeus, Grat.
- Calyptraea* deformis, Lam.
 — depressa, Lam.
 — muricata, Bast.
 — ornata, Bast.
 — (1 espèce distincte ? à Salles.)
Pileopsis cotnucopiae, Lam.
 — sulcosa. (*Capulus sulcosus*, Bast.)
Hipponyx granulatus, Bast.
 — (1 aut. esp. non dét.)
Crepidula unguiformis, Bast.
 — cochleare, Bast.
 — sandaliformis, Marc. de Serres;
Bulla lignaria, Lam.
 — cylindrica, Lam.
 — utriculus, var. f. Bast.
 — (pet. esp. non encore dét.)
Bullina Lajonkaireana, Bast.
Helix.. (esp. voisine de l'*H. pulchella*, drap. BRR. au veré fossilis??)
Bulimus Burdigaleosis, de Fr.
 — lævigatus, Desh.
 — (1 autre pet. esp. ; il est à peu près certain que ces 3 espèces n'appartiennent pas au genre *Bulime*. Elles sont des *salus* marins.)
Auricula hordeola, Lam.
 — ringens, Lam.
 — acicula, Lam.
 — cytharella, Desh. BRR.
 — (4 aut. esp. non dét.)
 Sur ces 8 esp. plus de la moitié ne sont pas de vraies auricoles.
Cyclostoma... (voisin de l'*elegans*, Drap. BRR. Au veré fossilis ?)
Pedipes, 1 esp. BRR. (Je la crois nouvelle.)
Melania subulata, Bast.
 — distorta, Desh.
 — — hordacea, Lam.

Melania (plusieurs autres petites esp. non détermin.)

Melanopsis Dufourii, Férussac.

Paludina pusilla, Bast. (analogue fossile du *P. acuta*, Drap., esp. des eaux saumâtres).

— (3 pet. esp. non détermin.)

Rissoa cochlearella, Bast.

— cimax, Bast.

— varicosa, Bast.

— Grateloupi, Bast.

— clavula, Ch. Desm. (*Melania* clavula, Desh.)

— polita, var. b. Ch. Desm. (*R. nitida*, Grateloup; non *Melan.* nitida, Lam.)

— *Mel.* polita, Desh.)

— elegans, Ch. Desm.

— turbinata, de Fr. (*R. bulimoides*, Grat.—*Turbo* Lachesis, Bast.)

— decussata, Ch. Desmoul. (*Bulimus* decussatus, Lam.)

— perpusilla, Grat.

— affinis, Ch. Desmoul. Coll. (nov. sp.)

— lamellosa, Ch. Desm. (*R. cochlearella*, var. bi-triata, Grat.)

— Boscii, Payraudeau, catal. des moll. de Corse. (An. fossile ! RRR.)

— macrostoma, Ch. Desm. (nov. sp.)

— planaxoides, Ch. Desmoul. (*R. buccinalis*, Gratel. non *Melania* buccinalis, Lam.)

Nerita Plutonis, Bast.

Neritopsis moniliformis, Grat.

Neritina pieta, Férussac. (*N. fluviatilis*, Baster. pro parte; non Lam.)

Natica millepunctata, Lam. (*N. stercus* muscarum, Brug.—*N. tigrina*, de

Fr.—*N. patula*, Sow.

— *N. canrena*, Baster. non Lam.)

Natica glaucina, Bast. (*Natica* labellata? Lam.)

— (1-2 esp. non dét.)

Ampullaria compressa, Bast.

— { 1 pet. esp. voisine de l'*A. canalifera*, Lam. R2)

— { 1 gr. esp. de Salles, probablement du genre *Natica*.)

Sigaretus canaliculatus, Bast.

— (1 esp. RRR. presque microscopiq., nouvelle.)

Tornatella Dargelasi, Bast.

— sulcata, Bast.

— aemistriata, de Fr.

— punctulata, Fér.

— (1-2 esp. non dét.)

Pyramidella mitrula, Fér.

— terebellata, Bast.

— (1 autre esp. fort dist. de la préc., à Martillac.)

Vermetus (1 belle esp. non dét.)

Scalaria multilamella, Bast.

— acuta? Sow.

Delphinula sulcata; var. b. Bast.

— spirorbis, Lam.

Solarium corocollatum, Lam.

— dijunctum, Lam. RRR. (2 autres pet. esp.)

Rotella Defranci, Bast.

Trochus Benettii, Sow.

— patulus, Sow.

— Abdehardi, Bast.

— turgidulus, Bast.

— Bücklandi, Bast.

— (1 esp. très dist., non dét., qui a son anal. vivant, lequel provient, je crois, d'Haïti.)

— (2 aut. esp. non dét.)

Monodonta elegans, Bast.

- Monodonta* *modulus*, Bast. (me paraît diff. de l'esp vivante.)
 — *Araonis*, Bast. (2 autres esp.)
Phasianella *torbinoides*, Lam.
 — *Prevostina*, Bast.
Turritella *terebialis*, Lam.
 — *cathedralis*, Brong.
 — *Desmarestina*, Bast. R
 — *asperula*? var. Bast. (an species distincta ?)
 — *quadruplicata*, Bast.
 — *turris*, Bast.
 — *Archimedis*, var. b. Bast.
 — *proto*. (D'après Bast.; je ne suis pas fixé sur cette esp.)
Cerithium *plicatum*, Brag.
 — *inconstans*, Bast.
 — *papaveraceum*, Bast.
 — *margaritaceum*, Bast.
 — *granulosum*, Bast. (*inversum*? Lam.)
 — *calculosum*, Bast.
 — *corrugatum*, Al. Brong.
 — *resectum*, Def.
 — *cinctum*, Brug.
 — *salmo*, Bast.
 — *papaforme*, Bast.
 — *scaber*, var. b. Bast.
 — *subgranosum*, Lam.
 — *pictum*, Bast.
 — *ampallosum*, Al. Bron.
 — *lamellosum*, Brug.
 — *Charpentieri*, Bast.
 — *angulosum*, Bast.
 — (pl. esp. non débrouil.)
Pleurotoma *Borsoni*, Bast. (*Pl. semi-marginata*, Lk.)
 — *tuberculosa*, Bast. (*P. asperulata* Lam.)
 — *ramosa*, Bast. (*Pleur. reticulata*? et *de-cussata*, Lam.)
 — *cataphracta*, Bast.
 — *costellata*, Lam.
Pleurotoma *pannus*, Bast.
 — *denticula*, Bast.
 — *terebra*, Bast.
 — *cheilotoma*, Bast.
 — *plicata*, Lam.
 — *undata*, Lam.
 — *turris*, Lam.
 — *multinoda*, Bast.
 — *crenulata*, Bast.
 — *purpurea*, Bast. (2-4 esp. non dét.)
Turbinella *Lynchi*, Bast.
 — 2 espèce non encore nommées.)
 — ? (an *Fasciolaria*?)
 — Belle esp.
Cancellaria *acutangula*, Faujas.
 — *id.* var. b. Bast.
 — *id.* var. *mutica*, Nob.
 — *trochlearis*, Fauj.
 — *dolliolaria*, Bast.
 — *gestini*, Bast.
 — *buccinula*, Lam.
 — *contorta*, Bast.
 — *cancellata*, Lam. (a Salles).
 — *varicosa*, Ch. Desm. (*Voluta varicosa*, Broc.).
 — (2 autres esp. non nommées.)
Fusus *Burdigaleggis*, Lam. (*Fasciolaria* *Burdig.*, Bast.)
 — *Audebardi*, Ch. Desm. (an *Purpura*? sup. esp.)
 — *clavatus*, var. b. Basterot. (*Murex clavatus*, Broc.)
 — *laevis*, Bast.
 — *longavus*, Lam. (On m'a donné un individu qu'on assure trouve à Saucats.)
 — *buccinoides*, Bast.
 — *submarginatus*, Lam.
 — *costulatus*, Lam.
 — *marginatus*? Lam.
 — *minutus*? Lam.
 — *minax*? Lam.
 — (4 esp. non encore nomm.)

- Fusus* (pl. pet. esp. non dét.)
Pyralis melongena, Baster., non Lam.
 — *Lainci*, Bast.
 — *rusticula*, var. a et b, Bast.
 — *condita*, Bast.
 — *clava*, Bast.
Ranella marginata, Al. Brong.
 — *leucostoma*, Bast.
Murex pomum, Bast.
 — *lingua-bovis*, Bast.
 — *sublavatus*, Bast.
 — *suberinaceus*, Bast.
 — (2-3 espèces non encore nommées.)
Typhis tubifer, Bast.
Tritonium dolium, Bast.
 — (2 aut. belles esp.)
Rostellaria pes-pellicani, Bast.
 — *dentata*, Grat. (*R. curvirostris*, Bast.)
Strombus Bonelli, Brong.
 — (1-2 esp. non dét.)
Cassidaria cythara, Bast.
Cassis Saburon. (Je le crois fort diff. de celui de Lam.)
 — *Rondeleti*, Bast.
Purpura costata, Bast.
 — *Lassaignei*, Bast.
 — (1 espèce non encore nommée.)
Buccinum Veneris, Fanj.
 — *baccatum*, Bast.
 — *politum*, Bast.
 — *obliquatum*, Broc. (*Salles*).
 — *semistriatum*, Broc.
 — *spiratom*. (*Eburna spirata*, Bast., qui n'est point l'anal. foss. de celle de Lam.)
 — (pl. esp. non encore débrouillées.)
Nassa reticulata, Bast. an Lam.??
 — *asperula*, Bast.
 — *angulata*, Bast.
 — *columbelloides*, Bast.
 — *Deuoyersi*, Bast.
Nassa Andrei, Bast.
Terebra plicaria, Bast.
 — *striata*, Bast.
 — *duplicata*, Bast.
 — *pertusa*, var. b, Bast.
 — *cinerea*, Bast.
 — *plicatula*, Lam.
Mitra crebrirosta, Lam.
 — *incognita*, Bast.
 — *Dofresnei*, Bast.
 — *acrobiculata*, Bast.
 — (4 esp. non dét.)
Valuta Lamberti, Sow.
 — *rarispira*, Lam. (var. pl.)
 — *harpula*, Lam.
 — *affinis*, Broc. (*V. ambigua*, Lam.)
Margisella cyprocola, Bast. (*Cyprea ovuliformis*, Lam.)
 — *clandestina*, Ch. Des.
 — (*Voluta clandestina*, Broc. an var. *M. ovulata*? Lam.)
Cyprea annulus, Broc.
 — *mus*, Lam.
 — *Duclosiana*, Bast. (an *C. nuclea*? Lam.)
 — *lynceoides*, Lam.
 — *leporina*, Lam.
 — *annularia*, Lam.
 — *coccinella*, Bast. (an Lam.)
 — (1-2 autres esp.)
Oliya plicaria, Bast.
 — *clavula*, Lam.
 — *Dufresnei*, Bast.
 — *mitreola*? Lam.
 — (1 autre pet. esp.?)
Ancillaria canalifera, Lam.
 — *buccinoides*, Lamour.
 — (*Sauvati*? R.)
 — *inflata*, Bast. (*Ancill. glandiformis*, Lam.)
Canus deperditus? Lam.
 — *mercati*, Bast.
 — *coronatus*? de Fr.
 — *scabriusculus*? de Fr.
 — *altissimus*, Brong.

<i>Conus</i> (quelques autr. esp. non dét. dont une fort. gr.)	<i>Lenticulites</i> † (1 esp. non dét.)
<i>Renulites opercularis</i> ? Lam. (an operculum verum?)	<i>Nummulina lenticularis</i> , d'Orb. (<i>Lycophris lenticu-</i> <i>laris</i> , Montferr. — Bast.)
<i>Operculina complanata</i> , d'Orbi- gny. (<i>Lenticulites</i> <i>complanata</i> , Deffr. — Bast.	— (2 esp. non dét. BR.) <i>Nautilus Aturi</i> , Bast. (<i>Nautilus</i> <i>sypho</i> , Grat.)

Sables
et argiles
avec minerais
de fer.

Pour donner une histoire complète de l'étage moyen des terrains tertiaires du bassin du Midi, il me reste encore à dire quelques mots sur les dépôts d'argiles et de sables qui recouvrent la plupart des plateaux que l'on observe dans la partie de la France centrale, composée de terrains secondaires. Ces dépôts se relient d'une manière continue aux couches supérieures du terrain de Paris qui sont également formées (à Meudon, dans le bois de Montmorency) d'argiles ocreuses, dans lesquelles on trouve à la fois des fragmens de silex de la craie, et des blocs de meulières qui paraissent au premier abord être également étrangers à l'argile qui les enveloppe.

Lorsque ce dépôt n'est que superficiel, il a toute l'apparence d'être alluvial; il contient des galets de toute nature, et ne présente aucune couche réglée : les minerais de fer qu'on y rencontre sont disséminés d'une manière irrégulière : la plupart des minerais qui alimentent les nombreuses usines à fer du Nivernais, du Berry, de la Dordogne, etc., sont classées sous les noms de *minerais d'alluvion*. La position de ces dépôts ar-

gilo-ferrugineux, placés constamment sur les hauteurs les plus élevées des pays où ils existent, suffit *a priori* pour détruire cette opinion si généralement adoptée. Comment concevoir, en effet, qu'une action aussi générale que celle qui aurait laissé, comme témoins de son passage, les nombreux chapeaux sablonneux qui recouvrent la plupart des collines de calcaire jurassique et de craie qui séparent le bassin de Bordeaux de celui de Paris, n'aient pas comblé en partie les vallées dont ce pays si étendu est sillonné ? Cependant on ne retrouve nulle part cette association de sables et de minerais de fer, et les terrains d'alluvion que l'on y observe sont entièrement différents. D'un autre côté, lorsque les dépôts qui nous occupent ont quelque épaisseur, on y observe assez fréquemment des calcaires siliceux identiques avec le calcaire d'eau douce supérieur, dont la présence devient une preuve positive de l'âge de ces terrains. M. Malinvaud, dans le tome IV de la 3^e. série des *Annales des mines*, page 252, a déjà indiqué une de ces associations dans la vallée de l'Aubois (Cher). On l'observe également dans plusieurs points du département de la Nièvre, notamment entre Nevers et Imphy, et aux minières de fer de Saint-Ouen. Je vais en indiquer un autre exemple à une petite distance d'Angoulême, dans les environs d'Aire. Le calcaire jurassique est re-

Mineral de fer
aux environs
d'Angoulême.

couvert par une épaisseur de 10 mètres environ de ce terrain superficiel; une petite couche de sable siliceux jaune très-argileux, contenant quelques galets de quartz blanc laiteux, repose immédiatement dans les anfractuosités d'un calcaire marneux blanchâtre, correspondant à l'argile d'Oxford. On ne voit cette couche que sur la pente du petit coteau tertiaire, le long du bois qui la recouvre; elle peut avoir 4 ou 5 pieds de puissance.

La surface du bois est sablonneuse; mais quand on creuse quelques pieds pour la recherche du minéral de fer, on voit que ce sable n'est que superficiel; il est le produit de l'altération et du lavage du sol, qui est composé d'une argile ferrugineuse plus ou moins mélangée de sable: le minéral de fer, *dit en roche*, composé de blocs plus ou moins gros, caverneux et irréguliers, de fer oxidé hydraté, passant dans quelques points au fer hématite, se trouve disséminé au milieu de cette argile; il forme des espèces de veinules et des rognons irréguliers qui se ramifient dans l'argile. Ils se terminent comme ils ont commencé, sans qu'on puisse suivre aucune règle pour leur recherche et pour leur exploitation. Ces gîtes métallifères ne sont pas très-étendus, on voit que la concentration du fer est due à une cause locale. Ces minerais contiennent une certaine quantité de carbonate de chaux qui rend

leur emploi précieux : mais on trouve en outre, au milieu de ces argiles ocreuses, des blocs tuberculeux assez considérables d'un calcaire siliceux, em-pâtant des petits galets de quartz hyalin. Ce calcaire y est disséminé irrégulièrement à la manière des meulières de Meudon ; il est caverneux, et ses cavités sont remplies de la même argile qui l'enveloppe. Dans la partie ouest du bois, le calcaire est un peu plus développé ; il forme deux bancs très-irréguliers, ou plutôt un rognon stratifié allongé dans le sens des couches, dont la position horizontale indique d'une manière positive qu'il est en place, et que les autres blocs ont été déposés en même temps que le minerai et l'argile qui lui sert de matrice. Plus à l'est, du côté de Ruffec, des dépôts argilo-sablonneux, en tout semblables à celui des environs d'Aire, contiennent des bancs irréguliers de grès analogue à celui de Fontainebleau. Dans cette dernière localité, le minerai de fer existe également, mais pas avec assez d'abondance pour alimenter une exploitation.

Le même minerai de fer qui se trouve en couches superficielles sur les plateaux calcaires du centre de la France, existe également dans les fentes nombreuses qui traversent ces calcaires ; souvent même le fer s'y est concentré plus facilement que dans les argiles : de sorte que ces fentes sont remplies fréquemment de minerai de fer

riche, et que les maîtres de forges y font principalement des recherches. Sauf quelques exceptions, on peut dire que généralement, les minerais de fer exploités, dans les argiles ferrugineuses qui recouvrent les calcaires jurassiques et la craie, ainsi que dans les fentes qui sillonnent ces deux formations, appartiennent à l'étage moyen des terrains tertiaires.

Ces argiles superficielles sont généralement d'eau douce; on a trouvé des lymnées, des hélices et des planorbes aux environs de Saint-Amand, dans le département du Cher, et près de Nevers, dans quelques bancs de calcaires intercalés au milieu de ces argiles : elles appartiennent donc principalement à la partie inférieure de ce second étage; en réalité, elle le remplace et le représente complètement.

§ III. DES TERRAINS TERTIAIRES SUPÉRIEURS.

La séparation de l'assise supérieure des terrains tertiaires des autres assises de ces mêmes terrains, est un des phénomènes géologiques les plus prononcés. M. Elie de Beaumont, dans ses Recherches sur les révolutions du globe, a depuis longtemps fait ressortir ce fait important, pour appuyer la différence qui existe entre les deux soulèvements qu'il a désignés sous le nom de système des Alpes.

occidentales et système de la chaîne principale des Alpes. Parmi les différens exemples qu'il indique, je rappellerai que, près de Voreppe, le terrain qu'il désignait alors sous le nom de transport ancien recouvre en stratification discordante la mollasse coquillière que l'on exploite par de nombreuses carrières. On retrouve cette superposition transgressive dans beaucoup d'autres localités. Le calcaire à hélices des environs d'Aix, dont M. Rozet a donné une description (1), est déposé en couches horizontales sur les tranches du terrain d'eau douce exploité au pied de la montagne de Sainte-Victoire, dans les escarpemens du Tolonet. Cette superposition est d'autant plus remarquable, que les couches du calcaire du Jura et de la brèche du Tolonet sont coupées toutes à la même hauteur, et que le calcaire à hélices s'est déposé sur l'un et sur l'autre en stratification discordante, et y forme une espèce de nappe. (*Pl. III, fig. 5.*) Dans la rivière de Gênes, les terrains tertiaires supérieurs sont placés horizontalement sur les formations crétacées, dont des couches sont fortement inclinées; et comme il résulte de leur direction que les terrains de craie ont été relevés par le soulèvement des Alpes occidentales arrivé postérieurement au dépôt de la mol-

Preuves
de
la séparation
du 3^e. étage
tertiaire.

(1). Mémoires de la Société d'histoire naturelle.
Tome III.

lasse coquillière, on en conclut nécessairement que les terrains tertiaires moyens et supérieurs ont été déposés à des époques séparées l'une de l'autre, par une révolution du globe.

En Espagne, où beaucoup de terrains tertiaires appartiennent au même bassin que ceux du midi de la France, M. Le Play a observé en plusieurs points la séparation des deux assises supérieures. Depuis Barcelonne jusqu'au détroit de Gibraltar, cette séparation est souvent plus nette encore que dans le bassin que je décris, la révolution qui a marqué la séparation des deux périodes ayant laissé beaucoup plus de traces de son action dans cette partie de la Péninsule que dans le Languedoc et dans la Provence. Près de Tarifa, en beaucoup de points de la côte orientale de l'Espagne, et surtout dans les plaines qui s'étendent en Murcie, entre le cap Palos et les Apujarras, on voit distinctement les couches du troisième étage reposer en stratification discordante sur celles de l'étage moyen, dont quelques parties ont été portées souvent à un niveau très élevé.

Les Landes et les collines de l'Agennais viennent encore nous donner des preuves de la séparation des deux dernières assises des terrains tertiaires.

Ces preuves, sans être aussi prononcées que dans les pays de montagnes, où la différence de stratification est marquée par le contournement

des couches, n'en sont pas moins positives. Ainsi, dans le trajet, entre Agen et Gondrain, on voit les sables et les galets qui représentent l'étage supérieur reposer à La Plume sur le calcaire d'eau douce, tandis que, dans le bois de Gondrain, ils recouvrent la mollasse coquillière. S'il y avait eu continuité entre ces différentes formations tertiaires, l'assise supérieure devrait constamment reposer sur la mollasse coquillière qui forme la couche la plus moderne de la seconde assise, tandis qu'ils recouvrent indifféremment les différentes couches de cette assise. La considération des fossiles confirme la conclusion qui résulte de la discordance de la stratification. M. Deshayes a indiqué depuis long-temps que la période tertiaire qui nous occupe est distincte de la seconde par l'ensemble des espèces des corps organisés qu'elle renferme, et, de plus, que la plupart des coquilles, des terrains tertiaires supérieurs, se retrouvent dans nos mers actuelles : c'est également dans ces sables supérieurs que l'on observe ces nombreuses dépouilles de mammifères antidi-luviens, qui diffèrent principalement par la taille des espèces qui peuplent actuellement nos continents. Ces formations tertiaires sont donc très-rapprochées de l'époque actuelle, mais elles en sont séparées par la dernière révolution que le globe a éprouvée, celle qui correspond au soulè-

vement de la chaîne principale des Alpes, et dont le diluvium est le résultat.

Composition
des terrains
tertiaires
supérieurs.

Les terrains tertiaires supérieurs portent presque toujours la trace de leur origine moderne. Ils sont composés principalement de couches de transport, tels que des dépôts de galets, des couches de sables, et des argiles grossières et sablonneuses. Dans les Apennins, ces terrains renferment en outre des marnes calcaires; mais les couches arénacées sont de beaucoup celles qui dominent, et donnent le *facies* général à ce terrain. Enfin, dans quelques points, où sans doute des circonstances locales l'ont permis, on voit des dépôts superficiels d'un calcaire d'eau douce terreux, grossier, recouvrir les sables marins supérieurs, et former les couches les plus modernes de cette troisième assise. On en connaît à Sautcats, près Bordeaux, aux environs de Montpellier, de Marseille, etc. : la présence de ces dépôts lacustres superficiels a peut-être été pour beaucoup dans l'opinion émise par plusieurs géologues du Midi, que la molasse coquillière est inférieure à la formation du calcaire d'eau douce. Mais il existe une grande différence d'âge entre ces deux formations d'eau douce, dont la plus ancienne joue un rôle très-important dans la constitution des terrains tertiaires du Midi, tandis que la dernière est locale et seulement superficielle.

Position
géographique
des terrains
tertiaires
supérieurs.

Dans le bassin du Nord, les terrains tertiaires supérieurs sont à peine indiqués par quelques dépôts de galets qui recouvrent les sommités de plusieurs collines jurassiques de la Normandie, tels que ceux que l'on exploite dans les départemens du Calvados et de la Manche pour l'entretien des routes. Dans le centre de la France, les amas de galets de Charlieu dans la vallée de la Loire, exactement les mêmes que ceux qui forment la Bresse, appartiennent à ce terrain. Le tuf à ossemens de Boulade et de Perriers, près Issoire, et peut-être aussi le remplissage des cavernes à ossemens, remontent à cette époque : c'est du moins ce qu'on doit naturellement supposer, d'après l'analogie que l'on observe entre les espèces d'animaux dont on trouve les dépouilles dans ces cavernes, et celles qui existent en si grande abondance dans les terrains subapennins.

Dans la portion du bassin du Midi qui se termine au Rhône, ces formations modernes ne forment presque une simple pellicule. Le seul point où elles atteignent une certaine épaisseur est aux environs de Perpignan.

A l'est de la vallée du Rhône dans la Bresse, les dépôts d'argiles et de galets de cette assise sont très-puissans ; mais c'est surtout dans les collines subapennines qu'elles sont développées sur une grande échelle. Le terrain qui compose ces

collines ayant été décrit dans plusieurs mémoires, je donnerai seulement quelques détails sur ces formations tertiaires dans la partie du bassin du Midi qui fait le sujet principal de ce travail.

Sables
supérieurs
des Landes.

Le sable qui recouvre la partie supérieure des Landes est un peu différent de celui qui contient les fossiles des faluns; il est entièrement siliceux, blanchâtre, sans mélange d'argile ni de calcaire; il renferme souvent, au contraire, des galets de quartz hyalin. D'après ces caractères, il est naturel de le regarder comme le produit d'alluvions, ou seulement comme le résultat du lavage du sable appartenant au second étage tertiaire, et que l'on trouve presque à la surface du sol. Le peu d'élévation des Landes au-dessus du niveau de la mer, moyennement 20 mètres, appuie cette opinion; mais si on compare ces sables supérieurs avec les alluvions déposées dans toutes les vallées environnantes, on reconnaît qu'ils en diffèrent essentiellement par leur composition, tandis qu'ils sont au contraire identiques avec les amas de galets qui recouvrent la plupart des coteaux de la Chalosse, des environs de Pau, et enfin les sommités les plus élevées de l'Agennais, telles que La Plume, dont la hauteur est de 218^m, 25 au-dessus de la mer. On est alors obligé d'admettre, que ces sables sont antérieurs à la dernière révolution qui a précédé l'époque actuelle de tranquillité; on pourrait alors les regarder comme

faisant partie de l'étage moyen ; mais leur identité complète avec les galets de la Bresse, qui reposent, comme je viens de le dire quelques lignes ci-dessus, en stratification discordante sur la mollasse coquillière, ainsi qu'avec ceux de l'Agennais, force à admettre cette division. Ce dernier exemple étant le seul que m'aient présenté les terrains tertiaires lorsqu'ils sont horizontaux, je vais l'indiquer en quelques mots.

Le pays compris entre la route d'Auch à Mont-de-Marsan et la vallée de la Garonne est composé exclusivement de terrain tertiaire moyen ; seulement on trouve sur quelques plateaux des galets appartenant au terrain tertiaire supérieur. Quoi-
Superposition discordante des terrains tertiaires moyens et supérieurs près Gondrain.

que les couches de ces différens terrains soient sensiblement horizontales, néanmoins elles viennent successivement affleurer au jour, de sorte que dans une coupe du nord au sud on voit le calcaire d'eau douce à Agen, tandis qu'il vient se cacher près de Gondrain, sous la mollasse coquillière, en outre dans l'intervalle qui sépare ces deux villes, les couches intermédiaires forment successivement le sol. Dans ce long espace, les galets recouvrent les sommités saillantes de ce vaste plateau, tandis qu'ils ont été emportés dans les parties moins élevées, ou sur les pentes des vallées. A La Plume, à 3 lieues sud d'Agen, ce dépôt supérieur recouvre le calcaire d'eau douce. A Gon-

drain, tout le pays est encore exclusivement composé de calcaire d'eau douce et de la mollasse qui lui est ordinairement associée; mais au bourg d'Eause le calcaire d'eau douce est caché sous la mollasse coquillière caractérisée par une grande quantité de coquilles marines, notamment l'*ostrea virginiana*. Le terrain tertiaire supérieur se retrouve sur les différentes sommités qui avoisinent les deux bourgs que je viens de citer; il en résulte d'une manière certaine que ce dépôt arénacé est indépendant des formations inférieures, et qu'il forme une nappe qui s'est étendue sur tout le pays. Le terrain tertiaire supérieur, réduit à La Plume à un simple dépôt de galets, est plus développé près de Gondrain; il présente, dans le bois de Mouchan une puissance d'au moins 10 mètres; il est alors composé de couches d'argile jaunâtre, mélangée de nodules, ou de grenailles de minerai de fer terreux composé de couches concentriques. Le centre de ces grenailles, au plus de la grosseur d'une bille, est presque toujours terreux. Les terrains tertiaires supérieurs de Gondrain se lient d'une manière continue à ceux de la Chalosse et des collines du Béarn. L'identité de position de ces différens dépôts est donc complète; leur composition est également la même, seulement les galets calcaires, très-fréquens dans les collines placées au pied même des

Pyrénées, deviennent moins abondans à mesure que l'on s'éloigne des montagnes qui les ont fournis. Les grenailles de minerais de fer sont constantes dans toute cette vaste nappe; leur présence suffit pour indiquer la séparation des dépôts supérieurs d'avec l'étage moyen des terrains tertiaires, quand ces deux formations sont l'une et l'autre à l'état argileux.

Dans la partie du bassin tertiaire du Midi qui avoisine les Pyrénées, ces dépôts de galets sont très-étendus, mais en général ils n'atteignent pas une grande puissance. Dans la vallée du Rhône, et surtout dans la vallée de l'Isère, ce terrain forme des collines, dont la hauteur surpasse 600 mètres. Malgré ce grand développement, les caractères de cette formation sont presque constamment les mêmes; elle se compose de galets incohérens reliés avec un ciment marneux peu solide. Près de la Tour-du-Pin elle affecte plus de régularité, surtout dans la descente vers la Bourbre en venant de Mortelet: les galets sont reliés par un ciment solide assez semblable à de la mollasse; il se compose d'un sable argileux fin, agglutiné par un suc calcaire ou par de la marne. Ces parties à grains fins forment tantôt des masses intercalées dans les lits de galets, tantôt de véritables couches, comme le représente la *fig. 3*, (*Pl. III*); leur dureté est quelquefois considérable; elles

Environs
de la
Tour-du-Pin.

constituent alors un grès très-solide, que l'on exploite comme pierre de construction.

Les galets sont aussi réunis en couches, dont les lignes de séparation sont marquées par des lits de sables ou de galets plus fins. Ce terrain présente alors une certaine ressemblance avec la mollasse, surtout avec le nagelfluë de la Suisse; circonstance du reste très-naturelle, puisqu'il est en grande partie formé aux dépens de cette roche. A une petite distance de la Tour-du-Pin, sur la route de Grenoble, ce terrain renferme des dépôts considérables de bois bitumineux qui fournissent le principal combustible que l'on emploie dans le pays. Le lignite est en partie noir, souvent seulement de couleur brun girofle, toujours beaucoup plus lourd que le bois, dont il a conservé entièrement la texture. Il se déchire en fragmens parallèles aux fibres, quelquefois il se délite, mais le plus ordinairement il reste dans l'état qu'il présente au sortir de la minière. Le bois bitumineux forme des couches peu continues de 60 à 80 centimètres de puissance. Elles sont intercalées au milieu du terrain, de la même manière que les parties dures. Souvent les morceaux de bois fossile sont enveloppés de tous côtés par du sable. Quelquefois le bois est passé entièrement à l'état de jayet; les gîtes les plus abondans sont à Sainte-Blandine et à Saint-Jean-de-Bournay : on

retrouve ces bois bitumineux dans plusieurs autres points. On en a exploité, près du hameau de Pomiers, à une petite distance de Voreppe. Dans cette localité, le combustible forme trois petites couches séparées par des bancs de grès : la plus basse a un pied de puissance, la seconde six pouces, et la supérieure huit : les assises de grès qui les séparent ont peu d'épaisseur ; de sorte qu'on peut exploiter, par une même galerie, les trois couches de bois bitumineux de Pomiers.

Les sables siliceux jaunâtre, qui constituent le monticule sur lequel est bâtie Montpellier, appartiennent au terrain tertiaire supérieur : les coquilles marines qu'ils contiennent sont analogues à celles des collines sub-apennines : les ossemens nombreux de grands animaux que l'on trouve dans ces sables confirment également ce rapprochement, qui est admis depuis long-temps par les géologues. Les sables reposent sur le calcaire moellon, dont ils sont séparés par des argiles bleues. Les différens puits creusés dans la ville montrent cette superposition ; on l'observe également dans le faubourg de Montpellier du côté de Costebelle, en allant à la citadelle. Les terrains de Montpellier ayant déjà été décrits avec beaucoup d'exactitude dans plusieurs mémoires de MM. Marcel de Serres, Jules de Christol et Reboul, je me bornerai à rappeler la véritable place qu'occupent

Sables
supérieurs
de
Montpellier.

ces sables supérieurs dans les terrains tertiaires.

Calcaire
d'eau douce
supérieur.

Les sables de Montpellier sont recouverts en plusieurs points par de petits dépôts de calcaire d'eau douce terreux, tendre et caverneux, qui appartiennent également à l'étage supérieur des terrains tertiaires.

Ce terrain d'eau douce supérieur se retrouve en plusieurs points du Midi; nous le citerons encore à Concuron, près Marseille, et à Saucats.

Dans la première de ces localités, le terrain d'eau douce ne forme que des masses peu étendues et tout-à-fait locales. Il se compose d'argiles schisteuses, d'un gris bleuâtre, associées avec un tuf calcaire caverneux, presque friable, contenant des lymnées, des planorbes et des ménalopsides. Ces coquilles paraissent tout-à-fait analogues à celles qui vivent actuellement; elles ont toutes leur têt, sont pour la plupart bien conservées, et présentent encore leur éclat nacré. Les marnes schisteuses contiennent également quelques-uns de ces fossiles, mais elles sont surtout remarquables par les empreintes de fougères et de feuilles d'arbres qu'elles renferment. Ces empreintes se rapportent à des espèces actuelles; on trouve en outre également dans ces marnes des tiges et des branches d'arbres ayant encore le tissu et même la nature ligneuse, seulement elles sont plus lourdes que dans leur état primitif.

A Cóncurren, ce terrain d'eau douce recouvre immédiatement la mollasse coquillière; les couches de l'une et l'autre formation sont également relevées, de sorte qu'il est impossible de regarder ces marnes comme superficielles et modernes. Du reste, on les retrouve en plusieurs points des environs de Marseille. C'est dans un dépôt semblable que M. Jules de Christol a découvert, au Pertuis, l'Hipparion, nouveau genre intermédiaire entre les ruminans et les pachydermes.

A Saucats près Bordeaux, les sables coquilliers à faluns sont recouverts par une formation lacustre assez épaisse, dans laquelle il existe un mélange de coquilles marines et de coquilles d'eau douce; cette formation est néanmoins bien séparée des faluns qui ne contiennent pas un seul fossile d'eau douce.

Calcaire
d'eau douce
supérieur
de Saucats.

1. Au-dessus des dernières couches de faluns, on observe un calcaire assez dur, contenant des nodules irréguliers de couleur foncée: l'abondance de ces nodules donne au calcaire un aspect analogue à certaines brèches. Dans sa partie inférieure, le calcaire contient un assez grand nombre de moules de coquilles marines. Dans sa partie supérieure, au contraire, on trouve un grand nombre de petits planorbes, dont le têt blanchâtre n'est pas altéré. Cette dernière partie de l'assise calcaire contient des nodules arrondis

jaunâtres, qui lui donnent l'air d'être formée par la réunion de pisolites.

2. On trouve ensuite un calcaire compacte homogène, avec des taches jaunâtres arrondies, paraissant dues à des noyaux bien soudés avec la pâte : il contient des planorbes assez grands, des lymnées et quelques hélices. Ce calcaire présente, à sa partie supérieure, une série de petites couches parallèles colorées différemment comme dans les agates. Ce calcaire rubanné est très dur, mais il est fendillé dans beaucoup de directions.

3. et 4. Une argile grossière noirâtre bitumineuse sépare le calcaire compacte et les marnes argileuses supérieures. Ces marnes contiennent des parties plus argileuses que la masse dans lesquelles on trouve beaucoup de paludines, des planorbes et des hélices, ces derniers fossiles portent encore les lignes colorées qui en distinguent les espèces. Les autres coquilles ont un têt blanchâtre.

D'après les notes que M. Ch. Desmoulin a eu la bonté de me donner, on a trouvé dans le terrain lacustre de Saucats les fossiles suivants :

- Cyrena Brongniartii*, Bast.
- Helix nemoralis*, Bast.
- *variabilis*, Bast.
- Cyclostoma Lemani*, Bast.

Planorbis corneus, Lam.

— *rotundatus*, Al. Brong.

— *leus*, Al. Brong.

— *planulatus*? Desh.

Lymnea peregra, Brong.

— *longiscata*, Lyell et Murchison.

Paludina pusilla, Bast.

Neritina picta, Férussac.

Dans les environs de Perpignan, on connaît depuis long-temps des dépôts de coquilles marines, dont les espèces sont entièrement analogues à celles qui existent dans les collines sub-apennines, ainsi que dans les sables supérieurs de Montpellier; la nature de ces fossiles conduit donc à assimiler les terrains tertiaires de Perpignan aux assises supérieures; ces dépôts sont très circonscrits; on ne peut les voir que dans les coupures formées par quelques cours d'eau. Les principaux sont à Bagnols-des-Aspres, sur le Tech; à Millas, et à Trouillas. Il en existe encore deux ou trois très près de Perpignan; ces dépôts sont recouverts seulement par des terrains d'alluvion, et ils sont séparés du calcaire d'eau douce de Sijean, par une plaine de plusieurs lieues; de sorte que nulle part on ne peut déterminer leur âge géologique, sans le secours de la paléontologie. Les coquilles qui sont toutes marines, sont disséminées irrégulièrement au milieu d'une argile sablonneuse, endurcie dans quelques points

Sables marins
des environs
de Perpignan.

par des filtrations calcaires ou ferrugineuses. Le plus ordinairement les argiles se délitent à l'air ; et le têt des coquilles devient alors très friable.

Les couches de ces terrains sont inclinées ; on voit qu'ils ont participé au soulèvement des ophites lequel a donné au Canigou sa forme générale.

Sur le revers espagnol, dans la Cerdagne, on trouve aussi des terrains tertiaires très modernes, placés immédiatement au pied de la chaîne des Pyrénées ; mais au lieu de présenter un assemblage de coquilles marines comme aux environs de Perpignan, ils sont composés de marnes schisteuses, noires, contenant des lymnées, des planorbes et des lignites à peine altérés, que l'on exploite à Estavar. La comparaison de ces fossiles et des bois porte à conclure que ces marnes correspondent à celles des environs de Montpellier et de Marseille. Elles ont éprouvé les mêmes dislocations que les couches argileuses de Perpignan, seulement celles de la Cerdagne sont beaucoup plus relevées.

La détermination des fossiles étant le seul caractère qui permette de déterminer l'âge géologique des terrains tertiaires de Perpignan, je terminerai en donnant une liste des fossiles de cette localité, que l'école des mines possède, et qu'elle doit, presque entièrement à la générosité de M. Jaubert de Passa.

*Noms des fossiles des dépôts de Millas,
Trouillas et Bagnols-des-Aspres.*

Lucina divaricata.	Stages ter-
Cyprina gigas.	tiaries dans
Cytherea exoleta.	lesquels ces
— rufescens.	fossiles sont
— casinoides.	connus.
Venus plicata.	Sup.
Venericardia sulcata.	Sup.
Cardium sulcatum.	Sup.
— edule.	Sup.
Arca barbata.	S. et m.
— antiquata.	S. et m.
Pectunculus Glycimeris.	S. et m.
— pilosus.	Sup.
Pecten Jacobæus.	Sup.
— flabelliformis?	Sup.
— opercularis.	Sup.
— benedictus.	M. et s.
— laticostatus.	Sup.
— Beudanti, Bast.	Sup.
Ostrea edulis.	Sup.
Pinna ? plusieurs esp. inconnues, en fragmens.	Sup.
Dentalium dentalis?	Sup.
Natica millepunctata.	M. et s.
— canrena.	M. et s.
— glaucina.	Sup.
Trochus (une espèce inconnue).	S. et m.
Turbo rugosus ? Broch.	M. et s.
Turritella vermicularis.	Sup.
— tornata.	Sup.
Cerithium vulgatum?	S. et m.
— granulosum.	
— plusieurs espèces indéterminées.	

<i>Terebra plicatula</i> ?	Inf
<i>Pleurotoma contigua</i> .	"
<i>Fasciolaria</i> ?	"
<i>Ranella marginata</i> .	"
<i>Murex erinaceus</i> .	M. et s.
— <i>brandaris</i> .	Sup.
<i>Rostellaria</i> ?	"
<i>Buccinum mutabile</i> .	S. et m?
— <i>inflatum</i> .	S. et m.
— <i>semistriatum</i> .	Sup.
— <i>clathratum</i> .	Sup.
<i>Cypræa coccinella</i> .	"
<i>Conus</i> (indéterminable).	Sup.
<i>Balanus crassus</i> ?	Sup.

Ces différens fossiles se retrouvent, sans aucune exception, dans les marnes bleues subapennines, dont la position géologique est bien constatée. Ils sont également identiques avec les coquilles des sables marins supérieurs de Montpellier. Il résulte de cette identité, dont M. Deshayes a depuis long-temps donné les preuves, que les dépôts coquilliers des environs de Perpignan appartiennent à l'étage supérieur des terrains tertiaires.

Résumé.

Le rapprochement des différens faits que j'ai exposés dans ce mémoire me conduit aux conclusions suivantes, dont la *fig. 6 (Pl. III)* offre le résumé :

1°. Les terrains tertiaires du Midi présentent trois étages distincts, séparés les uns des autres, par une discordance dans la stratification.

2°. Cette séparation indiquée seulement, pour le second étage, par une transgression de la molasse sur les différentes couches de calcaire grossier, est établie d'une manière très nette pour le troisième étage.

3°. L'étage inférieur, qui correspond à la fois, dans le bassin de Paris, aux formations de l'argile plastique, du calcaire grossier, du gypse et du calcaire siliceux, est représenté presque uniquement, dans le bassin du midi, par un calcaire coquillier analogue aux couches inférieures du calcaire grossier, dans lequel les milliolites sont très abondantes.

Cet étage existe principalement sur les bords de la Garonne, depuis Blaye jusqu'à la Réole; il se retrouve sur les limites de la Chalosse, où ses couches ont été fortement relevées par la même cause qui a donné le relief actuel à cette partie des Landes.

4°. L'étage moyen correspond au grès de Fontainebleau et aux meulières du bassin de Paris. Cette partie de terrains tertiaires forme une couverture presque continue sur toute la partie de la France, dont le sol est formé de terrains secondaires. Elle est surtout très développée dans la bande comprise entre les montagnes anciennes du centre de la France et les Pyrénées; elle oc-

coupe en outre une grande étendue en Espagne et dans la partie basse de la Suisse.

Ces formations tertiaires se présentent avec des caractères très variés. Elles sont à la fois, à l'état de calcaire d'eau douce, de calcaire siliceux, de silex meulière, de grès grossier argileux ou mollasse, de grès siliceux, d'argiles grossières ocreuses avec minerai de fer, de calcaire marin (mollasse coquillière), de faluns, et de sable siliceux. Elles contiennent des couches de pierre à plâtre, des rognons de soufre et des couches puissantes d'un combustible noir, lequel n'ayant plus de tissu ligneux, a été confondu long-temps avec la houille. Cet étage tertiaire est le principal gisement des lignites dans tout le bassin du Midi; la plupart des minerais de fer employés en France appartiennent aux terrains tertiaires moyens.

On peut jusqu'à un certain point distinguer deux assises dans cette série de formations si différentes :

a. Le calcaire d'eau douce associé à la mollasse, au grès siliceux et aux argiles avec minerai de fer.

b. La mollasse coquillière et les faluns.

5°. Les terrains tertiaires supérieurs sont à peine représentés dans le bassin de Paris, par quelques dépôts de sables et de galets placés sur certains plateaux de la Basse Normandie. Dans le

Midi, ils n'existent avec quelque abondance qu'au delà de la Garonne; ils ne forment le plus ordinairement qu'une couche assez mince en recouvrement sur le second étage des terrains tertiaires. Ils sont alors sous la forme d'alluvion; aussi ont-ils été décrits pendant long-temps sous le nom de *terrain de transport ancien*.

Dans certaines circonstances à Perpignan, à Montpellier, ces terrains modernes sont assez épais, et contiennent beaucoup de coquilles marines; quelquefois ils admettent du calcaire d'eau douce, toujours superficiel et ne formant que des dépôts fort circonscrits, ils contiennent alors des lignites et des empreintes végétales portant des caractères non équivoques de leur peu d'ancienneté. Ces terrains ont néanmoins participé aux dernières révolutions que le globe a éprouvées, et sont par conséquent antérieurs à l'époque actuelle.

OBSERVATIONS

SUR L'ÉTENDUE

DU SYSTÈME TERTIAIRE INFÉRIEUR

DANS LE NORD DE LA FRANCE,

ET SUR LES DÉPÔTS DE LIGNITE QUI S'Y TROUVENT ;

PAR M. L. ÉLIE DE BEAUMONT.

Ingénieur en chef des mines.



OBSERVATIONS

Sur l'étendue du système tertiaire inférieur dans le nord de la France, et sur les dépôts de lignite qui s'y trouvent;

(Mémoire lu à la Société géologique, le 2 juillet 1831.)

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT.

La dénomination de bassin tertiaire de Paris, dans l'acception qu'on lui donne assez généralement, entraîne le plus souvent avec elle l'idée d'un dépôt circonscrit vers le nord et le nord-est par le terrain crétacé. On sait que la craie se montre dans la plupart des vallées du nord de la France, et que le canal de Saint-Quentin franchit la ligne de partage entre les eaux de la Somme et celles de l'Escaut dans un long souterrain creusé en entier dans la craie : cette circonstance semble confirmer au premier abord l'idée à laquelle je viens de faire allusion.

Il est certain en même temps que si des environs de Gisors et de Chaumont on se dirige vers Epernay, en passant par Beaumont-sur-Oise, Clermont en Beauvoisis, Nesle, Ham, La Fère, Laon, Craone et Reims, on marche sur la limite de deux contrées assez distinctes l'une de l'autre, et qui

constituent, à certains égards, deux régions physiques différentes dans leur état actuel, mais dont il est aisé de voir cependant que les différences analysées en détail n'indiquent pas que le bassin tertiaire de Paris ait été limité ainsi qu'on a paru le supposer. En suivant cette ligne courbe, on laisse à droite, en la circonscrivant, une vaste étendue de calcaire grossier non recouvert, formant des plateaux élevés, terminés par des pentes rapides d'un aspect et d'une composition constante. On laisse au contraire à sa gauche une suite de plateaux, généralement beaucoup plus bas, qui, lorsqu'ils ne présentent pas à découvert la surface de la craie ou la tranche des terrains carbonifère et ardoisier de la lisière des Ardennes, ne sont formés le plus souvent que par un dépôt meuble qui fait continuité avec le grand dépôt de l'étage tertiaire moyen⁽¹⁾ qui recouvre une partie considé-

(1) Dans les leçons de géologie que j'ai été chargé de faire à l'école des mines, j'ai, depuis plusieurs années, essayé de partager les terrains tertiaires en trois étages principaux, dont chacun me paraît correspondre à une période de tranquillité intermédiaire entre deux soulèvements de montagnes. J'ai été conduit à cette division en m'attachant à suivre les dépôts supérieurs à la craie, en France, en Suisse et en Piémont, d'après la disposition géométrique et la nature de leurs conchès.

Mes trois étages tertiaires ne coïncident pas exactement avec les trois étages tertiaires de M. Deshayes, ni avec ceux

nable de l'intérieur de la France; mais au milieu de ces plateaux moins élevés on aperçoit quelques tertres plus ou moins étendus, formés de sables analogues à ceux qui affleurent à la base des plateaux élevés de calcaire grossier dont je viens de parler tout à l'heure. Ces tertres, malgré leur isolement actuel, sont des traces évidentes de la prolongation primitive des assises tertiaires inférieures.

que M. Lyell a établis sous les noms de périodes *Eocène*, *Miocène* et *Pliocène*; mais ce n'est probablement que provisoirement que chacun de nous limite à trois le nombre des divisions proposées; nous pouvons les uns et les autres être conduits à multiplier le nombre des divisions, et si les bases d'après lesquelles nous les établissons chacun de notre côté sont également exactes, nos divisions devront coïncider lorsqu'elles seront suffisamment multipliées.

Voici comment j'ai limité les trois étages que je propose d'établir dans les terrains tertiaires, dans une note lue à la société géologique de France, le 2 mai 1831; et insérée dans le tome 1^{er} de son bulletin, p. 187.

« L'étage inférieur comprend l'argile plastique, le calcaire grossier et la formation gypseuse, y compris les marnes marines supérieures.

« L'étage moyen comprend le grès de Fontainebleau, la formation d'eau douce supérieure des environs de Paris, et les salins de la Touraine; système auquel correspondent le dépôt de lignite, le gypse et le calcaire moëllon des Bouches-du-Rhône, la mollasse et les nagelfluhs de la Suisse, le lignite de Ca-di-Bona et la mollasse de Superga.

« L'étage supérieur comprend le terrain de transport

Ces tertres, dont la saillie est quelquefois à peine sensible, présentent des amas de grès quartzeux qui fournissent le pavé de toutes les routes du nord de la France, et qui sont déjà indiqués sur les cartes de Monnet, et sur celle de M. Greenough, sur laquelle ils sont désignés sous le nom de *Grey Weathers*. MM. de Bonnard, d'Omalius, Rozet, Clère, Poirier Saint-Brice, ont fréquemment mentionné ces grès, dont les dépôts sont très nombreux.

M. d'Omalius d'Halloy dit, dans ses *Mémoires géologiques*, page 95, qu'il a déjà rencontré sur

- » ancien de la Bresse (le dépôt lacustre d'Oeningen ??),
- » le grès à hélix d'Aix, le terrain marin supérieur de
- » Montpellier, quelques dépôts marins de l'Italie et de
- » la Sicile, et le *crag* du Suffolk.

..... » Chacun de ces trois étages renferme les ossements
 » d'une génération particulière de grands animaux, dont
 » les espèces changent presque toutes en passant d'un étage
 » à l'autre.

» L'étage inférieur ne comprend guères que les os-
 » pèces trouvées à Montmartre.

» L'étage moyen comprend les espèces de paléotheriums
 » du Puy et d'Orléans, différentes des espèces de Mont-
 » martre, la plupart des espèces de lophiodons, les anthra-
 » cothérium et les plus anciennes espèces des genres
 » mastodonte, rhinocéros, hippopotame et castor.

» L'étage supérieur comprend les éléphants, les hyènes
 » et les autres animaux de l'époque anti-diluvienne pro-
 » prement dite.

les craies de la Picardie de véritables grès blancs renfermant des moules de coquilles bivalves qui semblent voisines des Tellines ou des Cythérées. M. Graves m'a montré de son côté des moules de bivalves, qu'il a trouvés dans des grès analogues près de Granvilliers (Somme), et qui lui paraissent appartenir à des espèces propres à la formation du calcaire grossier. J'ai observé moi-même, entre Roye et Péronne, un dépôt de pavés provenant de ces mêmes grès, dont quelques-uns m'ont présenté des traces de coquilles bivalves. D'autres pavés du même tas offraient des fragmens arrondis de silex qui donnaient à ces parties du grès une grande ressemblance avec le poudingue siliceux, qui, à Sainte-Marguerite, se trouve en blocs irréguliers dans les sables qui supportent le gîte de lignite, et dont les blocs éboulés constituent les roches d'Ailly.

Ces grès forment rarement des masses continues. Le plus souvent ils ne constituent que des amas enveloppés dans des dépôts de sables, qui forment la masse principale du système, et dans lesquels les amas de grès ne sont même que des accidens. Ces sables se rapprochent naturellement de ceux qui forment la partie inférieure du lambeau tertiaire de New-Haven (Sussex).

En pénétrant des environs de Compiègne dans les plaines de la Picardie, on remarque déjà de ces

dépôts sableux à la sortie de Nesle, du côté de Roye, à Marché-Pot, et dans un tertre qui s'élève au milieu de la plaine formée par le terrain meuble du deuxième étage tertiaire, à une lieue de Roye, sur la route d'Amiens.

Une sablière est ouverte dans ce dernier tertre (*Voy. Pl. IV, fig. 4*). Elle présente une grande masse de sable jaune, renfermant des veines de sable blanc mélangé de grains d'un vert très sombre, et reposant sur un sable fortement chlorité.

L'entaille de la sablière permet de voir le terrain meuble de la plaine, mélangé de silex et de blocs de grès hors de place, reposer en stratification discontinue sur le sable qui nous occupe.

A la sortie de Nesle, le sable chlorité renferme des silex brisés quelquefois en lames minces.

Ces mêmes sables, tantôt plus ou moins chlorités, tantôt tout-à-fait blancs, sont très développés sur les deux rives de la Somme, aux environs de Saint-Quentin, ainsi que sur les deux rives de l'Oise à Moy, Pleineselve, Sérifontaine, Renausart, et ils vont de proche en proche se rattacher à ceux du pied de la montagne de Laon, et des tertres qui, comme celui de Beru, sont isolés sur la craie de la Champagne. A Pleineselve et à Renausart, on voit au-dessus d'eux des argiles vertes. En

divers points, notamment à Saint-Simon, entre Ham et La Fère, ils sont agglutinés en un grès très solide qui fournit beaucoup de pavés.

Des grès et des sables de ce même système constituent le petit plateau des bois de Bourlon, à l'ouest de Cambrai, et plusieurs tertres analogues aux environs d'Arras et de Douai. Les mêmes sables se présentent avec une certaine puissance aux environs du Cateau-Cambresis. Cette même formation de sables et de grès constitue la surface du sol dans presque tous les environs de Valenciennes et de Condé, notamment dans la forêt de Raismes. Dans les flancs de la colline qui forme la rive droite de la Scarpe, en face de Saint-Amand, j'ai observé un grès un peu chlorité avec fossiles cylindroïdes analogues à des tiges d'alcyons, et un grès un peu ferrugineux formant dans le sable des blocs irréguliers et des veines.

Le sol de la forêt de Condé est formé par le même sable dans lequel les veines ferrugineuses deviennent assez abondantes et assez riches pour être exploitées comme minerai de fer.

Depuis Marlemont jusqu'au delà de Maubeuge, en passant par la Rouillée, Landrecies, Berlaimont, le dépôt de sable tertiaire, avec concrétions de grès, recouvre l'affleurement de la craie le long du calcaire carbonifère.

C'est presque uniquement par ce dépôt si inco-

hérent qu'est formé, ainsi que l'a remarqué depuis long-temps M. d'Omalus d'Halloy, le massif de la forêt de Mormal, qui fait rebrousser chemin à la Sambre et à la grande et petite Helpe, à partir des environs de Landrecies, et oblige leurs eaux à aller se jeter dans la Meuse à Namur, au lieu de se diriger vers l'Escaut comme elles y semblaient naturellement destinées.

Des lambeaux de ce système s'étendent sur la surface des terrains carbonifères et de transition. M. d'Omalus d'Halloy, dans ses *Mémoires géologiques*, cite parmi ces lambeaux des sables à argiles plastiques et à lignite. D'après ses observations, ces dépôts sont caractérisés par la présence d'une argile plastique, ordinairement grisâtre, quelquefois rougeâtre et même blanchâtre, qui est ordinairement accompagnée de sables blancs, passant quelquefois au jaune et au rougeâtre, et qui renferme souvent du lignite et fréquemment aussi du succin. Cette substance se rencontre particulièrement à Berlaimont, entre Landrecies et Maubeuge, où M. Clère, ingénieur en chef des mines, en a recueilli de nombreux échantillons qui rappellent tout-à-fait le succin de Dangu et Noyers (Eure). Le gîte le plus important des argiles plastiques comprises dans ces lambeaux, est celui d'Andenne, à l'est d'Avesnes. A Trelon et à Glageon, arrondissement d'Avesnes,

ou a ouvert dans un de ces lambeaux d'importantes carrières de pavés de grès.

C'est encore, à ce qu'il paraît, dans ces lambeaux tertiaires que se trouvent une partie au moins des minerais de fer, dits d'alluvion, qui s'exploitent en un grand nombre de points de la surface des Ardennes, et j'ajouterai même que je ne vois pas de raison pour ne pas ranger dans la même catégorie beaucoup de minerais de fer exploités sur la surface des terrains calcaires de l'est de la France, tels que ceux de Saint-Pancré (Moselle), et de Poisson (Haute-Marne).

D'après les observations que M. Clère, ingénieur en chef des mines, a eu la bonté de me communiquer, l'une des plus hautes sommités des Ardennes françaises, près du moulin de Revin, sur le bord de la vallée de la Meuse, route de Fumay à Rocroy, est couronnée par un poudingue ferrugineux qui appartient vraisemblablement à la même formation de minerais de fer. L'élévation qu'atteint ici ce dépôt, qui dans tous les cas est très-moderne, vient évidemment à l'appui de l'opinion de M. d'Omalus d'Halloy, qui regarde les Ardennes comme devant une partie de leur hauteur actuelle à un soulèvement très moderne; et la vallée de fracture dans laquelle coule la Meuse, de Charleville à Namur, comme résultant d'un déchirement produit par ce même soulève-

ment. La même idée s'appliquerait sans doute à la vallée du Rhin, de Bingen à Cologne.

Dans un grand nombre de cas, ces dépôts de sables et de grès sont entièrement recouverts par le terrain meuble des plateaux bas; de telle sorte, qu'au premier abord on pourrait les croire compris dans ce dernier terrain; mais cette idée n'étant fondée sur aucune preuve directe, doit céder aux preuves de l'opinion contraire qui ressortent à chaque pas de l'étude des tertres sableux dont nous nous occupons.

Le plus remarquable de ces tertres, quoiqu'à la vérité un peu excentrique, est peut-être celui sur lequel est bâtie la ville de Cassel (département du Nord); il est formé en entier de sables, en partie coquilliers, dont le grand développement n'empêche pas de reconnaître la complète analogie, d'une part, avec ceux qui forment la base des plateaux de calcaire grossier des environs de Compiègne, de Laon et de Reims; et de l'autre, avec ceux qui, aux environs de Londres, servent de support au *London-Clay*.

La base de la montagne est composée d'un sable quartzeux jaunâtre, dans lequel on trouve des veines assez nombreuses d'un grès très ferrugineux. Aux deux tiers de sa hauteur sur la route de Lille, on exploite un sable micacé, mélangé de grains verts, qui ne diffèrent en rien de ce qu'on appelle

chlorite dans les couches inférieures du calcaire grossier parisien. Certaines parties de ce sable sont tout-à-fait friables; d'autres, faiblement aglutinées par un ciment calcaire, fournissent de mauvais moellon. Quelques portions, tant des parties friables que des parties solides, sont extrêmement coquillières. On y trouve un très grand nombre de nummulites, des individus souvent très grands du *Cerithium giganteum*, un nautilé probablement identique avec celui que M. Dufrénoy a trouvé à Vaugirard et à Chaumont (Oise). Plusieurs espèces d'huîtres, dont une lisse et une striée, qui toutes deux me paraissent difficiles à séparer des huîtres lisses et striées qu'on trouve à Chaumont; des moules d'une grande crassatelle (probablement la *Crassatella tumida*), et beaucoup d'autres coquilles.

Au-dessus des assises coquillières se trouve une assise de sable fin un peu argileux, très chlorité. C'est probablement à des assises de cette nature, intercalées dans le sable, que sont dues quelques sources qui suintent vers la partie supérieure de la montagne. Il paraît qu'il y a encore des assises coquillières vers le sommet, dans la ville même de Cassel.

D'après la comparaison des fossiles recueillis à Cassel et à Chaumont, l'identité de formation de ces deux gîtes coquilliers me paraît difficile à ré-

voquer en doute. L'identité de formation des sables coquilliers de ces deux localités et de ceux de la montagne de Laon, me semble également incontestable. Cette identité me paraît importante à signaler comme propre à donner plus de poids aux ressemblances de différens genres que présentent les dépôts tertiaires plus ou moins dégradés de localités isolées, situées dans l'intérieur ou dans le voisinage du triangle déterminé par les trois points dont s'agit.

Ces tertres détachés que les Anglais nommeraient *outlyers*, sont autant de témoins de l'ancienne étendue du terrain tertiaire inférieur, qui, des environs de Compiègne et de Laon, s'étendait d'une manière continue, d'une part, vers la mer du Nord, sur les rivages de laquelle il constitue en partie le sol de la Belgique et des côtes de l'Angleterre qui lui sont opposées. D'une autre part, ce même terrain s'étendait vers les falaises de la Manche, où on le voit paraître à Saint-Valery, à Creil, à Sainte-Marguerite, en regard des dépôts analogues de Newhaven et de l'île de Wight, passant ainsi entre les protubérances crayeuses du pays de Bray et des Wealds, suivant une direction parallèle à celle des Pyrénées, et à celle de la plus grande longueur du massif principal du calcaire grossier qui, ainsi que je l'ai indiqué ailleurs, s'étend de Venables, près Louviers (Eure), au

tertre de Mont-Aimé, près Vertus (Marne). L'ancienne liaison présumée des terrains tertiaires de l'île de Wight et de la côte de Picardie est déjà indiquée sur la carte géologique de l'Angleterre, jointe aux *Outlines of Geology of England and Wales* de MM. Conybeare et Philipps. Pour éclaircir ce qui a été dit ci-dessus sur l'ancienne étendue du terrain tertiaire inférieur, je joins à cette note une esquisse géographique de l'état de la France pendant la période où son dépôt s'est opéré. (*Pl. IV, fig. 5.*)

Les deux rivières que j'ai figurées comme débouchant dans la mer de la première période tertiaire, l'une vers les lieux où se trouve aujourd'hui Vervins, et l'autre vers ceux où se trouve l'île de Portland, rivières dont l'ancienne existence me paraît fort probable, expliqueraient d'une manière très naturelle la plus grande accumulation des lignites dans les parties du dépôt tertiaire inférieur où se trouvent aujourd'hui Soissons d'une part, et Alun-Bay de l'autre.

Les grains quartzeux de tous les sables mentionnés ci-dessus, et même leurs grains glauconieux, rappellent les parties les plus fines des sables qui, dans le pays de Bray et les Wealds du Kent, se trouvent entre les couches inférieures de la formation wealdienne et la craie-chloritée. Les protubérances crayeuses du pays de Bray et

des Wealds ayant été soulevées avant le dépôt des premières assises tertiaires, et leurs diverses couches ayant été par cela même exposées aux dégradations atmosphériques, il me paraît assez probable que les sables tertiaires dont je viens de parler proviennent, au moins en partie, du lavage des sables du pays de Bray et des Wealds, opéré durant la première période tertiaire, par les eaux pluviales, torrentielles et fluviales.

C'est en partie dans les flancs des tertres isolés qui se trouvent dans l'intérieur ou dans le voisinage du triangle formé par les collines de Chaumont, Laon et Cassel, que sont exploités les lignites désignés par M. Brongniart, sous le nom de lignites soissonnais.

L'exemple de superposition, dont je vais chercher à déduire une confirmation de la position géologique que M. Brongniart a assignée à ces lignites, est situé presque au centre de ce même triangle entre Saint-Quentin et Péronne.

La vallée de la Somme près de Saint-Quentin, et les vallons qui y affluent, sont creusés dans la craie blanche, sur laquelle, ainsi que je l'ai déjà dit plus haut, s'élèvent çà et là des tertres sablonneux. Entre ces tertres et à leur pied, on observe sur la surface de la craie un dépôt de glaise sableuse de couleur ochreuse, assez analogue par sa

consistance au *lehm* de l'Alsace. Ce dépôt forme des plateaux très vastes et assez fertiles, qui s'étendent au loin dans un grand nombre de directions, notamment dans celles de Péronne et de Nesle. Arrivés à cette distance, ils commencent à présenter des silex mêlés à l'argile sableuse, et le dépôt qui les compose prend insensiblement la composition qu'il présente habituellement dans les plateaux de la Picardie, de l'Artois et de la haute Normandie.

Si l'on se rend de Saint-Quentin à Péronne, en passant par Holnon, Marteville, Pœuilly et Cartigny (Voy. *la coupe*, Pl. IV, fig. 1), on marche constamment sur ce dépôt de glaise sableuse jaunâtre, excepté dans les vallées où la craie est à découvert, et sur le large tertre des bois de Vermand qui domine le plateau formé par cette même glaise, et qui n'a jamais pu en être recouvert. La coupe, fig. 1, indique la disposition du terrain. Au pied occidental du plateau des bois de Vermand, en descendant vers Marteville, on voit la craie recouverte immédiatement par un sable quartzeux, parsemé de grains verts, et analogue à ceux que j'ai déjà mentionnés. Il renferme quelques concrétions ferrugineuses analogues à des otites. Ce sable forme évidemment la base du plateau sur lequel croissent les bois, mais la coupe du terrain ne peut être suivie

d'une manière continue jusqu'au niveau du plateau (1).

Du côté oriental on trouve, en sortant du village de Holnon pour se rendre dans les mêmes bois, une sablière profondément excavée à travers la glaise sableuse qui forme la surface du plateau cultivé, inférieur par son niveau à celui sur lequel croissent les bois.

Cette sablière présente un sable chlorité, tout pareil à celui de la descente du côté de Marteville, et sans doute le fond de la sablière est peu éloigné de la craie. Dans la partie inférieure de l'excavation le sable devient plus chlorité, et présente en même temps des veines ochreuses. Au-dessus de ce sable s'étend une série d'assises argileuses très minces, rouges, jaunes et noires, qu'on reconnaît aisément pour le rudiment d'une couche de lignite (*c fig. 2*). Cette série de petites couches minces, dont l'épaisseur totale n'est que de quelques décimètres, est recouverte par une certaine épaisseur d'une argile verdâtre schistoïde, qui rappelle

(1) M. d'Archiac, qui a exploré depuis moi cette localité, n'a pas non plus trouvé l'affleurement du lignite sur la pente dont il s'agit. C'est par inadvertance, ou plutôt par suite du défaut d'espace, que le mot lignite a été écrit à côté de ce versant, dans la fig. 1 de la *pl. IV*. Il devait être écrit à côté du versant opposé qui regarde Holnon.

assez bien les fausses glaises des environs de Gisors (*d fig. 2*).

Ces couches argileuses ne se présentent pas au même niveau dans toute l'étendue de la sablière. Elles sont divisées en deux parties de niveau différent par une faille oblique (*fig. 2*), qui traverse aussi le sable qui les supporte. Suivant la règle ordinaire, les portions de couches situées du côté vers lequel la faille incline sont les plus basses. Cette faille est dirigée au N. 22° O.

La surface supérieure du dépôt de sables et d'argiles bariolées et verdâtres est très irrégulière, comme le montre la figure; et la glaise sableuse couleur de rouille, qui constitue le plateau moderne, la recouvre en stratification tout-à-fait discontinue (*e fig. 2*). La faille ne se prolonge pas dans ce terrain superficiel, et il est presumable que sa formation appartient à l'époque de dislocation qui a établi une ligne de démarcation entre les étages tertiaires inférieur et moyen, et qui a mis les lambeaux de l'étage inférieur dans le cas de conserver une position dominante, par rapport au terrain, qui constitue les plateaux bas qui les entourent.

Si de l'entrée de la Sablière d'Holnon on suit le chemin qui conduit à Marteville, en passant sur le large tertre des bois de Vermand, on ne tarde pas à s'élever au-dessus du niveau du pla-

teau de glaise sableuse, et on se trouve aussitôt sur une argile verdâtre micacée un peu schisteuse, qui n'est évidemment autre chose que la partie supérieure de l'assise, dont une petite épaisseur se montre déjà dans la saillie. Cette argile a par conséquent une épaisseur totale assez considérable que j'estime à 8 à 10 mètres au moins. Elle présente des impressions végétales.

A l'entrée du bois on atteint la partie supérieure de l'assise argileuse dont il s'agit. Les empreintes végétales y augmentent en nombre, sans jamais être très distinctes, ni surtout faciles à extraire. La matière de la couche devient complètement noire, tache les doigts, se couvre d'efflorescences blanchâtres, d'une saveur stiptique. C'est une terre vitriolique ou un lignite imparfait, qui, sans être exploitable en ce point, ne peut manquer d'être reconnu comme un des membres de la formation de lignites de ces contrées.

Cette argile charbonneuse est immédiatement recouverte par une couche de 3 à 4 mètres d'épaisseur (fig. 1), d'un sable argileux rougeâtre dans lequel se trouvent des rognons (1) d'un calcaire

(1) M. d'Archiac, dans l'intéressant Mémoire qu'il a lu à la Société philomatique au mois de mars 1835, sur la géologie des environs de Saint-Quentin, regarde ces sphéroides calcaires comme des cailloux roulés. Il m'est impossible de partager à cet égard son opinion. Ces sphé-

dur, blanchâtre, un peu celluleux, renfermant un grand nombre de nummulites, de polypiers, de coquilles turriculées (Turritelles?); et des bivalves striées.

Ce sable avec rognons calcaires, pétris de nummulites, fait déjà évidemment partie du calcaire grossier proprement dit. Comme il forme le plateau sur lequel s'étendent les bois de Vermand, rien n'a pu s'écrouler par-dessus lui, et cacher sa superposition aux couches de la formation de lignite; superposition qu'on cherche souvent sans succès sur les flancs de tertres plus élevés, et sur lesquels les couches sableuses inférieures du calcaire grossier ont conservé un plus grand développement.

Il est évident, d'après cette coupe, que le dépôt de lignite, en supposant qu'il n'y en ait qu'un seul, appartient au terrain tertiaire inférieur qui constitue les tertres épars çà et là sur la surface des plateaux de la Picardie et de la Champagne septentrionale, et non au dépôt meuble de l'étage tertiaire moyen, qui constitue le sol d'une partie de ces mêmes plateaux, et qui enveloppe

roïdes me paraissent s'être formés par concrétion au milieu du sable, comme ceux qu'on observe en si grand nombre dans des sables de la partie inférieure du calcaire grossier au mont Ganellon, près Compiègne, à Chaumont et ailleurs.

la base des tertres qui les surmontent. Je n'ai jamais observé dans ce dépôt meuble la moindre trace de lignite.

Les observations que je viens de rapporter, et les conséquences qui me paraissent s'en déduire, ne conduisent pas en elles-mêmes à préjuger qu'il n'existe pas dans le Soissonnais de gîtes de lignites intercalés dans les assises moyennes ou supérieures du calcaire grossier; gîtes qui correspondraient, par exemple, à celui dont M. Desnoyers a signalé l'existence dans les carrières de Vaugirard. Peut-être un jour découvrira-t-on un pareil dépôt de lignites; mais il me semble que de fortes considérations s'opposent à ce que l'on considère les gîtes de lignites non recouverts qui ont été observés jusqu'ici dans le Soissonnais, et en partie décrits, comme se trouvant dans ce cas, et qu'on est au contraire conduit à les rapporter au même étage que les lignites des bois de Vermand. Passons en effet en revue quelques-uns de ces gîtes de lignites qui aujourd'hui sont à découvert, et qui, pour le dire en passant, pourraient bien n'avoir été mis dans cet état que par l'effet d'une dénudation opérée par les courans diluviens, à la suite d'un grand mouvement du sol.

La craie se relève fortement au nord de Compiègne, pour former le coteau de Marigny, et quelques autres qui lui sont contigus. La hauteur

remarquable qu'elle y atteint est dans un rapport évident avec celle à laquelle se trouve aujourd'hui porté le calcaire grossier qui constitue le plateau élevé et les flancs abruptes du mont Ganellon. Ce relèvement de la craie et des couches tertiaires est comparable à celui qui amène de même la craie au jour dans le bassin de Beaumont-sur-Oise et de Chambly, et dans la vallée de Vigny (Seine-et-Oise); et il est bien remarquable de voir que ces trois points sont presque exactement sur une même ligne droite, tirée parallèlement à la chaîne principale des Alpes (du Valais en Autriche), et dont le prolongement irait traverser la contrée volcanique des bords du Rhin.

En s'avancant de la côte de Marigny vers le nord et le nord-ouest, on voit la craie s'abaisser à peu près suivant la même progression que les couches tertiaires, qui finissent par la cacher entièrement, ou du moins par ne la laisser paraître que dans quelques vallées.

Dans le fond du vallon qui descend de Cuvilly vers la rivière de Matz, au pied des tertres de Séchelles et de Sorel, on voit la surface profondément sillonnée de la craie recouverte par un dépôt de sable très chlorité et de silex, qui pénètre dans toutes ses anfractuosités, et qui se fait remarquer par la disposition irrégulière de ses

strates. Les silex sont usés et presque arrondis, et constamment recouverts d'un enduit de cette matière verte, si abondante dans les assises inférieures du calcaire grossier. Ce premier dépôt paraît recouvert par des sables, en partie chlorités, que surmontent des assises alternatives de terres noires et de dépôts très coquilliers. La présence de ces dernières assises vers la partie supérieure des tertres de Séchelles et de Sorel est la seule circonstance qui les distingue des tertres uniquement sableux que j'ai signalés sur les plateaux de la Picardie; et si jamais on parvient à découvrir à leur cime, aujourd'hui couverte de végétation, le moindre lambeau de calcaire grossier, ils se trouveront correspondre exactement, sous tous les rapports, au tertre des bois de Vermand.

J'ai trouvé une occasion favorable pour étudier la succession des diverses couches qui constituent ces tertres dans la pente septentrionale du vallon qui passe à Biermont, et que traverse la grande route entre Orvillé et Conchy-les-Pots.

Sur la route même, ce vallon n'entame pas la craie qu'il atteint, sans doute, un peu plus bas; mais son fond est creusé dans des sables quartzeux-chlorités, qui probablement la recouvrent presque immédiatement. Une sablière, ouverte entre le vallon de Biermont et Conchy-les-Pots (fig. 3), m'a permis d'observer dans ce sable un lit de ro-

gnons formés de calcaire blanchâtre un peu terreux, mélangé d'une assez grande quantité d'argile et de beaucoup de grains de quartz. J'ai eu récemment occasion d'observer des lits de rognons tout-à-fait analogues dans les assises inférieures du sable coquillier de Belan (Oise), qui fait suite à celui de Chaumont. Ici ces rognons forment la partie inférieure de cette série de concrétions noduleuses, qui se remarquent dans les sables coquilliers de la partie inférieure du calcaire grossier, soit à Chaumont, soit dans la forêt de Compiègne, et au mont Ganellon; mais à Belan et à Chaumont ils sont supérieurs aux couches marno-charbonneuses, tandis qu'au sud de Conchy-les-Pots ils leur sont inférieurs. Les inductions qu'on peut tirer de l'existence de ces rognons, et des caractères des sables qui les contiennent, pour montrer que les couches de lignites de ces contrées sont intercalées dans les assises inférieures du système du calcaire grossier, ne seraient peut-être que d'une faible importance si elles étaient isolées; mais elles sont complètement en accord avec toutes les observations qui vont suivre.

En approchant davantage de Conchy-les-Pots, on voit une excavation ouverte à un niveau plus élevé que la sablière. Cette excavation m'a présenté, au-dessus des sables ci-dessus, une couche d'argile plastique grisâtre recouverte par un sable

bariolé de rouge, renfermant des rognons de grès, et présentant des traces peu distinctes d'empreintes végétales. Ce sable est recouvert par une petite couche de lignite. Les trois couches réunies ont une épaisseur d'environ 1 pied. Elles sont immédiatement recouvertes par une argile ou marne bleuâtre renfermant des rognons calcaires d'une texture oolitique, et à celle-ci succède une argile grise renfermant un très grand nombre de cérites, d'huîtres et de bivalves, qui sont probablement des cyrènes; coquilles, dont l'association m'a immédiatement rappelé celles qui accompagnent le gîte de lignite de Sainte-Marguerite, Pourville et Varengeville près de Dieppe, et celles qui se trouvent dans le petit lambeau de terrain tertiaire de Newhaven (Sussex).

Le rapprochement des couches coquillières de Conchy-les-Pots avec celles de Newhaven, que les géologues anglais se sont accordés jusqu'ici à regarder comme inférieures au London-Clay, ne se fonde pas sur une simple ressemblance dans l'association de coquilles des deux localités; l'ensemble des circonstances du gisement est fort analogue de part et d'autre.

Le pied de la falaise de *Castle-Hill*, près de Newhaven, est formé de craie blanche avec lits de rognons et couches de silex. Elle s'élève à environ 13 mètres, et est terminée supérieurement

par une surface irrégulière. Au-dessus se trouve un sable quartzeux ferrugineux, contenant des veines très chargées d'oxide de fer. Dans quelques points des environs, ce sable est remplacé par un conglomérat à fragmens de silex, et à ciment très ferrugineux. Dans ce sable, ou plutôt à sa ligne de jonction avec la craie, se trouvent des cristaux de chaux sulfatée, et des rognons d'alunite (Webstérite) auxquels cette localité doit une partie de sa célébrité. Au-dessus de ce même sable, on observe des couches d'argile d'un gris plus ou moins foncé passant au gris bleuâtre, et tournant au jaune par l'effet de la décomposition. Quelques-unes de ces couches argileuses contiennent une grande quantité de coquilles, qui sont pour la plupart des huitres, des cérîtes ou turritelles et des bivalves analogues aux cyrènes. Les deux dernières espèces sont réduites en une matière blanche très friable, ce qui rend très difficile d'en recueillir des échantillons déterminables. Cette même argile présente des traces de lignite; elle n'est pas recouverte.

Si les bivalves analogues à des cyrènes dont je viens de parler étaient assez bien conservées pour qu'il fût possible de les déterminer rigoureusement, et si la position géologique d'une couche pouvait être fixée d'après une seule espèce de fossiles, on y trouverait une raison décisive pour

placer les couches qui nous occupent près de Conchy-les-Pots, au même niveau que les couches à cyrènes du puits de Marly, dont la position ne présente rien de douteux, mais dont les fossiles, à la vérité, sont eux-mêmes fort mal conservés.

« Voici en quels termes MM. Cuvier et Bron-
gnart parlent de ces dernières couches dans la
description géologique des environs de Paris.
(*Recherches sur les fossiles fossiles*, t. II,
p. 259, édit. de 1822.)

« En creusant, en 1810, des puits destinés à
l'établissement d'une nouvelle machine hydrau-
que (à Marly), on est parvenu, après avoir tra-
versé toute la formation de calcaire grossier, à
un banc puissant composé de deux couches
distinctes : la plus inférieure, ayant plus de 10
mètres d'épaisseur, est une argile plastique
grisâtre, marbrée de rouge, et ne renfermant
aucune coquille; au-dessus est un banc de sa-
ble, mêlé de pyrites, d'argile, et d'une mul-
titude de coquilles très altérées, très brisées, et
qui ne peuvent être rapportées avec certitude
à aucune espèce connue ni même à aucun
genre; mais qui semblent cependant avoir des
rapports, non pas avec des cythérées, comme
nous l'avions dit, mais avec les cyrènes, genre
de coquille bivalve fluviatile, assez voisin des
cyclades.

» Le lignite n'est représenté ici que par des empreintes charbonneuses, de feuilles et de tiges, et par une poussière noire, charbonneuse, qui colore le sable. Les résines succiniques y sont comme indiquées par des nodules d'aspect bitumineux. »

Plus loin, page 345, M. Brongniart dit dans une note, en parlant du gîte de lignite de Sainte-Marguerite : « C'est l'observation de ce lieu où je vis si clairement la position de l'argile plastique et du sable sur la craie ; et l'association des lignites pyriteux avec les hultres et les cérithes dans les parties supérieures de ce dépôt, qui me conduisit à regarder comme de formation identique les lignites de Marly, du Soissonnais, etc. »

J'ajouterai à la description des couches du fond des puits de Marly, donnée par M. Brongniart, que l'école des mines possède des échantillons du sable à lignites et à coquilles retiré de ce puits, qui rappellent tout-à-fait quelques-uns des sables dont j'ai parlé précédemment ; et que les échantillons coquilliers sont d'un grain plus fin, et mélangés d'une argile grise qu'on est assez naturellement porté à regarder comme l'équivalent de celle de Conchy-les-Pots, etc. L'étiquette de la collection de l'école des mines, outre les bivalves qui sont encore très distinctes dans le morceau, indique aussi des coquilles turriculées, ce qui constitue un nouveau motif de rapprochement. Il faut cepen-

dant avouer que ces rapprochemens, basés sur des ressemblances extérieures, qui à la vérité sont de quelque poids lorsqu'elles portent sur plusieurs espèces de fossiles, associées de part et d'autre d'une manière semblable, sont rendus assez précaires par suite du mauvais état des échantillons recueillis, qui ne permet pas d'en déterminer les espèces d'une manière rigoureuse.

Ces mêmes rapprochemens sont en outre combattus par une induction qui, du moins au premier abord, semble diamétralement opposée. En effet, suivant la communication faite à la Société géologique dans sa dernière séance, par M. C. Prévost, les coquilles qui accompagnent certains lignites du Soissonnais ayant été soumises à l'examen de M. Deshayes, ce savant conchyliologiste leur a trouvé plus de rapports avec celles de la partie supérieure d'Headen-Hill qu'avec celles du London-Clay, ou du calcaire grossier inférieur. Mais il me semble que M. C. Prévost a donné lui-même depuis long-temps, dans son ingénieuse *Théorie des affluens*, la solution de cette difficulté. Les coquilles des lignites, qui ont vécu sur des plages où sont venus se déposer de si nombreux débris de la végétation terrestre de leur époque, étaient probablement des coquilles d'embouchure, comme il est reconnu aujourd'hui que l'ont été celles d'Headen-Hill. La série entière

des couches d'Alun-Bay et d'Headen-Hill correspond probablement à la partie des terrains tertiaires de Paris, qui est inférieure au grès de Fontainebleau; et entre les divers dépôts coquilliers de cette période géologique, il n'y a peut-être de différence bien essentielle que celle qui est inhérente à la nature des localités où ils se sont formés.

Il ne me paraît même pas très étonnant de voir des coquilles qui abondent dans les argiles à lignites de quelques points du Soissonnais, manquer complètement dans d'autres gisemens du même dépôt. Il me semble qu'on aurait pu facilement prévoir que ces dépôts coquilliers, si remarquables par les nombreuses alternatives de productions marines et fluviatiles qu'on y a observées, seraient plus sujets à manquer que les dépôts coquilliers tout-à-fait marins.

On a déjà remarqué plus d'une fois que les dépôts d'eau douce de toute la partie inférieure du terrain parisien ont quelque chose de local.

Le peu de précision et d'accord des caractères paléontologiques constatés, me ramène nécessairement à chercher des argumens dans des caractères purement géognostiques, et il me semble qu'on en trouve un assez concluant en faveur de mon opinion, dans la ressemblance qui existe entre les argiles et marnes grises et verdâtres, auxquelles sont associés les lignites non recouverts

dont j'ai parlé ci-dessus, et celles qui accompagnent les lignites des bois de Vermand, et qui, sur toute la ligne que j'ai indiquée des environs de Gisors vers Épernay, se montre constamment entre les sables tertiaires inférieurs et les premières assises de calcaire grossier (1).

La succession des sables, des argiles à lignite et des calcaires, qu'on observe sur le pourtour extérieur de la région occupée par le calcaire grossier, en montant de n'importe quelle dépression où la craie affleure sur l'un quelconque des plateaux, présente une constance remarquable. La masse d'argile d'un gris verdâtre, dont je viens de parler, et dans laquelle les lignites se présentent accidentellement, est en elle-même une des assises les plus constantes, dans les parties inférieures du système du calcaire grossier, des contrées qui nous occupent. Elle correspond aux fausses glaises des environs de Gisors, dans lesquelles se trouve le succin de Dangu (2); elle se retrouve même, avec

(1) La position géologique que j'ai été conduit à assigner aux dépôts de lignite des environs de Roye, de Conchy les-Pots, de Coivrel, de Séchelles, etc., s'est trouvée confirmée par les nombreuses coupes publiées récemment par M. C. J. Buteux dans un mémoire sur la géologie du département de la Somme imprimé à Paris en 1835. (Librairie de M. Levrault.)

(2) Voyez à cet égard les travaux de M. A. Passy, sur

une puissance considérable et une couleur d'un gris bleuâtre très prononcé, plus à l'ouest encore, à mi-côté du tertre de Beuregard, sur la route de Tillyère à Vernon (Eure), et elle y est recouverte par le calcaire grossier qui supporte les moulins bâtis au sommet de ce tertre. J'ai retrouvé l'équivalent de cette masse d'argile verdâtre près de Saint-Thierry, au nord-ouest de Reims, au milieu du tertre sablonneux qui conduit au plateau de calcaire grossier; et sa place, marquée en général par des sources et des bouquets d'arbres amis de l'humidité, se dessine presque constamment à la même hauteur, sur la pente des coteaux de calcaire grossier de cette partie de la France. Cette assise, beaucoup plus constante que l'argile plastique proprement dite (qui ne forme souvent que des dépôts isolés placés dans des dépressions accidentelles de la crête), pourrait être regardée comme un des meilleurs horizons géognostiques que présente la partie inférieure des dépôts tertiaires au N.-E. de Paris.

Je terminerai cette note par quelques observations sur les environs de Reims et d'Épernay, canton particulièrement remarquable par le passage latéral qui s'y opère du calcaire grossier au calcaire cristallin. La constitution géologique des départements de la Seine-inférieure et de l'Oise.

calcaire siliceux, et dans lequel on peut acquérir une idée complète du rôle, quelquefois beaucoup plus considérable que je ne viens de l'indiquer, que jouent les masses argileuses verdâtres dans le dépôt tertiaire inférieur, et des rapports qui existent entre le gisement des lignites et ces masses argileuses.

Lorsque des environs de Reims on s'avance vers Épernay et Vertus, on observe que le calcaire grossier est progressivement remplacé par des marnes verdâtres, dans lesquelles, avant de disparaître, il semble ne former, pendant quelque temps, que de larges masses lenticulaires, et au milieu desquelles se développent progressivement des masses de calcaire siliceux et de meulières, comme M. Dufrénoy a observé que la chose a lieu sur les confins nord-ouest de la Brie, en approchant de Paris. Déjà au nord-ouest de Reims, le calcaire grossier qui couronne les plateaux de Saint-Thierry présente, dans ses parties supérieures, des alternances de marne verte.

La route de Reims à Épernay passe par-dessus un promontoire très élevé de terrain tertiaire, qui s'avance sur la craie et sur lesquels s'étendent les bois dits de la Montagne de Reims. Avant d'atteindre le pied de ce promontoire, la route traverse pendant deux lieues une plaine ondulée, où la craie est partout à découvert. En arrivant au pied de

la côte de Monchenot, on voit paraître immédiatement au-dessus de la craie une assise puissante d'un sable blanc qui est exploité pour diverses verreries, telles que celles de Saint-Gobain, Saint-Quirin, Saint-Louis, Bacarat. Ces dernières sont dans les Vosges, et néanmoins le gîte de *sable blanc* de Monchenot est le plus voisin où elles trouvent à s'approvisionner. On sait que le sable blanc d'*Alun-Bay*, dans l'île de Wight, situé à la partie supérieure de l'argile de Londres, est de même exploité pour des verreries fort éloignées; je crois qu'il est employé jusque dans celles de Newcastle-upon-Tyne. Je dois toutefois ajouter que les sables de Monchenot et de la base d'Headen-Hill ne me paraissent pas correspondre aussi exactement l'un à l'autre que les lignites du Soissonnais et d'Alun-Bay; car les sables de Monchenot me paraissent inférieurs à toute la série du calcaire grossier proprement dit; tandis que ceux de la base d'Headen-Hill, supérieurs à l'argile de Londres, occupent à peu près la même place que le sable coquillier de Beauchamp, dans la vallée de Montmorency. A Monchenot même je n'ai aperçu aucune trace de lignite; mais on en exploite sur le prolongement de la bande sableuse qui tourne autour du promontoire tertiaire, à Rigny-la-Montagne, à Chigny, à Mailly, et nous verrons bientôt que du lignite, intercalé à des

sables, se trouve sur la pente opposée du même promontoire, sur les flancs de la vallée de la Marne. En montant la côte de Monchenot, on ne tarde pas à rencontrer des exploitations de calcaire grossier, dont le niveau semble indiquer qu'il repose sur les sables blancs; et plus haut encore on trouve une grande épaisseur de marne verte. Le plateau qui porte les bois de la montagne de Reims et le village de Saint-Imoges, est parsemé de fragmens de meulieres qui paraissent faire partie de son sol. On se croirait déjà en pleine Brie, tant on peut se croire en Brie.

C'est dans ce plateau qu'est creusé le petit vallon de Courtagnon, célèbre par l'abondance et la belle conservation des fossiles que renferme le sable calcaire qui affleure tout près de la ferme de ce nom. En descendant dans ce vallon, on trouve au-dessous des meulieres du plateau une épaisseur considérable de marne verdâtre et de calcaire marneux; puis une petite couche de calcaire marneux de consistance crayeuse. Plus bas se trouve une assise de marne verte qui recouvre immédiatement le banc de sable calcaire coquillier. Les fossiles qu'il contient semblent le placer à peu près à la même hauteur que celui de Grignon. Plus bas j'ai encore aperçu quelques affleuremens de marne verdâtre.

Si du plateau de Saint-Imoges on prend au contraire la route qui descend vers la Marne, en face d'Épernay, on aperçoit d'abord, au-dessous du dépôt de meulères, une grande épaisseur de marnes blanches et verdâtres qui forment quelques petits escarpemens. Dans ces marnes se trouvent diverses assises de masses irrégulières de calcaire marneux, ayant toute l'apparence d'un calcaire lacustre, dont les surfaces irrégulières se fondent dans la Marne.

L'une des masses les plus considérables de ce calcaire, située à quelques mètres seulement en dessous du niveau du plateau, m'a présenté des rognons siliceux qui lui donnaient une grande ressemblance avec certaines parties du calcaire siliceux de la Brie. La descente est très rapide, et pendant 60 à 80 mètres elle ne présente rien autre chose que les marnes et les grosses concrétions calcaires dont je viens de parler; mais ensuite on voit paraître des sables ferrugineux avec des veines d'argile plastique qui renferment un affleurement de lignite. Plus bas on trouve la craie, et la distance horizontale n'est pas assez grande pour qu'on puisse supposer ici que les couches ne se suivent pas dans l'ordre où on observe leurs affleuremens. Entre les marnes et les sables inférieurs, je n'ai rien aperçu qui m'ait rappelé le calcaire grossier de la montée de Mon-

chenot, ni le sable coquillier du vallon de Courtagnon, et cette circonstance a contribué à me donner l'idée que le calcaire grossier solide et le sable coquillier, loin de se présenter en masses continues, ne forment déjà à cette hauteur que de grands amas lenticulaires dans une masse de marne verdâtre, qui repose sur les sables et les lignites.

La disposition que je viens d'indiquer est importante pour l'un des objets de cette note, en ce qu'elle montre que, lorsque les marnes et argiles verdâtres se développent au point de remplacer toutes les couches du système tertiaire inférieur du bassin parisien, les lignites ne se développent pas dans toute leur hauteur, mais restent dans les assises inférieures. De là il résulte que, lorsqu'on trouve des lignites associés à des sables et à des marnes et argiles verdâtres isolés sur la surface de la craie, c'est aux couches inférieures seulement de la montagne de Reims, à celles que recouvre le dépôt coquillier de Courtagnon, qu'on est conduit à les assimiler; ce qui confirme pleinement les observations et les rapprochemens présentés plus haut. Tout concourt donc à prouver que les lignites soissonnais appartiennent, comme l'ont pensé MM. Cuvier et Bronniart, aux assises inférieures du dépôt tertiaire parisien.

Afin de faciliter les moyens de comparer les positions des localités mentionnées dans cette note, j'ai cru devoir reproduire à sa suite une esquisse de la forme de la nappe d'eau sous laquelle se sont déposés les terrains tertiaires inférieurs du nord de la France et de l'Angleterre; esquisse que j'ai déjà eu occasion de produire dans le cours de géologie de l'école des mines, en mars 1831.

J'ai dessiné cette esquisse d'après l'ensemble des matériaux existans, en les complétant et les liant, autant qu'il m'a été possible, d'après mes propres observations, et d'après les conjectures qui m'ont paru les plus vraisemblables.

J'ai adopté, pour dresser cette ébauche de carte marine ancienne d'une partie de l'Europe, la projection stéréographique sur l'horizon du mont Blanc; projection qui me paraît une des plus propres à mettre en lumière les rapports de forme et de position des différentes masses minérales dont le sol de l'Europe se compose, et qui possède en même temps des propriétés géométriques qui pourront être utiles dans la solution des problèmes relatifs aux directions.

the first of these is the fact that the
the second is the fact that the
the third is the fact that the
the fourth is the fact that the
the fifth is the fact that the
the sixth is the fact that the
the seventh is the fact that the
the eighth is the fact that the
the ninth is the fact that the
the tenth is the fact that the

the eleventh is the fact that the
the twelfth is the fact that the
the thirteenth is the fact that the
the fourteenth is the fact that the
the fifteenth is the fact that the
the sixteenth is the fact that the
the seventeenth is the fact that the
the eighteenth is the fact that the
the nineteenth is the fact that the
the twentieth is the fact that the
the twenty-first is the fact that the
the twenty-second is the fact that the
the twenty-third is the fact that the
the twenty-fourth is the fact that the
the twenty-fifth is the fact that the
the twenty-sixth is the fact that the
the twenty-seventh is the fact that the
the twenty-eighth is the fact that the
the twenty-ninth is the fact that the
the thirtieth is the fact that the

SUR QUELQUES POINTS
DE LA QUESTION
DES CRATÈRES
DE SOULÈVEMENT;

RÉPONSE A DIFFÉRENTES OBJECTIONS ÉLEVÉES CONTRE L'HYPOTHÈSE
DU SOULÈVEMENT DU CANTAL ;

(Mémoire lu à la Société géologique, le 17 février 1834.)

PAR M. L. ELIE DE BEAUMONT,
Ingénieur en chef des mines.

DES QUERELLES POINTS

DES C. J. J. J. J.

DES C. J. J. J. J.

SUR QUELQUES POINTS

*De la question des CRATÈRES DE SOULÈVEMENT ;
réponse à différentes objections élevées contre
l'hypothèse du soulèvement du CANTAL. (Mé-
moire lu à la Société géologique de France, le
17 février 1834 (1).)*

Par M. L. ÉLIE DE BEAUMONT, ingénieur en chef des mines.

Quelque ancienne que soit l'hypothèse de la formation des montagnes par voie de soulèvement, elle avait été si complètement abandonnée par les géologues, et elle est en elle-même tellement contraire à l'opinion exagérée qu'on a généralement de la stabilité du sol sur lequel nous vivons, que les tentatives destinées à en montrer l'application à telle ou telle aspérité de la croûte terrestre devaient naturellement avoir à lutter

(1) J'avais d'abord eu l'intention de joindre à ce mémoire plusieurs notes et quelques dessins ; mais ayant eu depuis lors l'occasion de visiter l'Etna, je renvoie ces divers développemens au travail dont je m'occupe sur la structure de cette montagne volcanique, et je laisse le présent mémoire tel qu'il a été imprimé dans le tome IV du Bulletin de la Société géologique.

Tome III.

13

contre des théories sanctionnées par une longue habitude, et faire naître de nombreuses objections. L'idée de regarder en particulier les points les plus saillans de la France centrale comme devant leur hauteur actuelle et les traits les plus remarquables de leur forme générale à de violens efforts exercés de bas en haut, ne pouvait échapper à cette destinée; elle a donné lieu à des discussions animées.

Le n° du Bulletin de la Société géologique, qui a été distribué dans la séance du 3 février 1834, renferme, pag. 124 et 114, une nouvelle série d'objections relatives à la théorie des cratères de soulèvement, proposée par M. Léopold de Buch, et à l'application que nous avons faite de cette théorie, MM. de Buch, Lecoq, Dufrénoy, Burat, Fournet et moi aux groupes du Cantal, du Mont-Dore, et du Mezenc.

Ces objections portent plus spécialement sur le Cantal, groupe qui est à la vérité moins connu et moins fréquemment visité que ne le sont les deux autres, surtout celui du Mont-Dore, que les mémoires de MM. Lecoq et Fournet me paraissent avoir déjà mis presque complètement en dehors de la discussion, du moins quant à la question fondamentale, celle de savoir si sa forme actuelle est le résultat d'un soulèvement. D'après cela ce

sera sur le Cantal que je raisonnerai de préférence.

Les objections actuelles, dont la seule rédaction suppose l'abandon implicite de beaucoup d'autres objections antérieurement proposées, roulent principalement sur les trois points suivans :

1° Sur l'existence dans quelques coulées de l'Etna de parties d'une compacité presque basaltique ;

2° Sur la plus grande épaisseur de la masse trachytique et basaltique du Cantal vers son centre que vers ses bords.

3° Sur la circonstance que quelques-unes des vallées de déchirement du Cantal, celle du Falgoux, par exemple, paraissent s'interrompre avant d'entrer dans la grande cavité centrale.

Je vais examiner successivement ces trois questions, en évitant, pour abrégé, de revenir sur les considérations que nous avons consignées, M. Dufrénoy et moi, dans notre mémoire sur les groupes du Cantal et des Monts-Dore; considérations qui, dans mon opinion, suffiraient cependant à elles seules pour résoudre en grande partie toutes les difficultés dont il s'agit.

Les partisans de la formation exclusive des cônes de roches volcaniques par éjection rayonnante, autour d'un point situé dans l'axe de la montagne conique actuelle, attachent une grande

importance à trouver sur les flancs de l'Etna des parties de coulées d'une compacité comparable à celle du basalte; il est en effet évident que s'il n'en existait aucune, ce seul fait constituerait une objection très forte contre leur opinion; mais quelque paradoxal que cela puisse paraître au premier abord, cette compacité basaltique de quelques parties des coulées de l'Etna renferme peut-être l'argument le plus décisif qu'on pût produire en faveur de l'hypothèse du soulèvement du Cantal. Cette compacité de quelques parties prouve en effet que les laves journellement vomies par l'Etna sont parfaitement susceptibles de prendre une compacité basaltique dans des circonstances de refroidissement convenables, et alors si cette compacité ne se présente qu'exceptionnellement, si elle n'est pas la règle générale, si l'Etna n'est pas un cône revêtu de basalte, son origine doit différer par quelque circonstance essentielle de celle du Cantal, qui en est lui-même exclusivement revêtu. Entrons dans les détails de cette question, elle domine tout le reste de la discussion.

M. Constant Prévost dit, pag. 129 du Bulletin :
« On peut voir dans la description de l'Etna de
» l'abbé Ferrara (pag. 103, 105) que la coulée
» de 1669 qui a détruit Catane avait en quelques
» endroits plus de 4 milles de largeur et 50 à 100

» pieds d'épaisseur, et cela sur la pente du cône
» entre les monts Rossi et Catane (à la torre di
» Grifo), et la texture de la lave dont j'ai rapporté
» des échantillons est aussi serrée que celle de
» tous les basaltes du Cantal, phénomène que pré-
» sentent la plupart des coulées de l'Etna jusque
» dans la région des neiges sur des pentes de 10
» à 15° où elles ont coulé de mémoire d'homme. »

Avant de perdre de vue ce passage, il peut d'abord être utile de remarquer que cette largeur de 3 à 4 milles de la coulée de 1669, qui en elle-même n'est pas hors de proportion avec celle de plusieurs des coulées modernes ou *Cheires* de l'Auvergne, telle que la cheire de Côme, est loin d'être constante, mais que, d'après les observations et les dessins de Spallanzani (voyages dans les Deux-Siciles) la coulée s'élargit à la rencontre des vallons qu'elle traverse, et se rétrécit dans leurs intervalles suivant la forme du sol sur lequel elle se modèle, effet que nous avons déjà signalé dans notre mémoire, où nous disions, p. 8 (Mémoires pour servir à une description géologique de la France, T. II, p. 229), *qu'un courant de laves pourrait s'étendre en larges nappes sur la croupe même d'un volcan, s'il y rencontrait une dépression semblable, par exemple à celles dans lesquelles prennent ordinairement naissance les tourbières des pays*

de montagnes, mais que dans ce cas sa surface serait sensiblement horizontale, et qu'une large nappe basaltique disposée en plan incliné ne peut avoir eu une telle origine.

L'examen de l'intensité de la pente de chaque partie de la déclivité parcourue par une coulée, est ici d'une grande importance; il est donc essentiel de remarquer que les pentes de 10 à 15° dont il est question dans le passage du Bulletin transcrit ci-dessus ne sont que les pentes de la base du cône supérieur de l'Etna; la pente moyenne de la saillie totale de l'Etna, de sa cime à Santa-Anna, près Riposto, qui est le point de la côte le plus rapproché est de 10° 4'. Dans la direction de Piedemonte et dans celle d'Aderno la pente générale est à peu près la même; dans toutes les autres directions elle est plus petite.

Or ces pentes sont loin d'être uniformes. Les planches jointes au beau travail hydrographique de M. le capitaine W. H. Smyth sur les côtes de Sicile, renferment plusieurs vues de l'Etna prises à des distances assez grandes pour que le profil général de la montagne s'y présente avec exactitude. D'après ces vues les pentes du cône supérieur près de la pointe sont de 20 à 30°, tandis que les pentes du massif qui lui sert de base varient de 5 à 9° dans la partie qui se trouve visible, et sont

disposées de manière à ce qu'il soit évident qu'elles s'adoucissent encore en approchant de la mer.

La section méridienne de l'Etna, dans une direction quelconque, doit évidemment présenter dans son ensemble une concavité tournée vers le ciel, puisque la cime fumante du cône est visible de tous les points de la circonférence de la base. Il est donc certain que la pente moyenne des parties basses du massif est de beaucoup moins de 10° , que, par conséquent, elle diffère peu des pentes les plus ordinaires des flancs du Cantal, qui sont de 4° , et qu'elle est beaucoup moindre que celle du Mont Dore, qui est de $8^{\circ} 6'$.

La pente moyenne de la base de l'Etna, entre Nicolosi (au pied des monts Rossi) et Catane, n'est, en effet, d'après les cartes et les mesures de hauteur de M. le capitaine Smyth, que de $3^{\circ} 51'$; et comme, des monts Rossi à la mer, la déclivité n'est pas uniforme, il est évident que la coulée de 1669 y a rencontré beaucoup de pentes moins inclinées que les flancs du Cantal. Il a dû se présenter des cas semblables dans toutes les directions; et par conséquent on devait s'attendre, *à priori*, à trouver, sur les flancs de l'Etna, des parties de coulée où la lave aurait presque stationné, et aurait pris toute la compacité dont elle est susceptible. Mais cette compacité de quelques parties des coulées de l'Etna, à la-

quelle, ainsi que je viens de le rappeler, nous avions déjà eu égard, ne conduit nullement à assimiler l'ensemble d'aucune d'elles à une nappe basaltique; elle sert, tout au contraire, à mieux faire ressortir la différence de ces deux sortes de productions volcaniques.

Pour rendre cette vérité plus sensible, commençons par préciser la différence des idées que les mots de *Lave* et de *Basalte* sont destinés à exprimer.

Ainsi que M. de Buch l'a judicieusement remarqué, dans le mémoire qu'il a joint à sa carte du terrain compris entre le lac d'Orta et celui de Lugano, le mot de *Lave* est une expression relative à la forme (V. *Annales des sciences naturelles*, t. XVIII, p. 262). Ce mot ne désigne pas une roche d'une composition particulière; il désigne une roche d'une composition variable, mais dont la forme extérieure et intérieure annonce une matière plus ou moins visqueuse qui a coulé. Le propre d'une pareille matière lorsqu'elle suit la ligne de plus grande pente, sur une surface irrégulière, sur laquelle elle rencontre successivement des dépressions larges où elle s'étend en restant presque stationnaire, et des parties étranglées et inclinées où elle coule plus rapidement, est de se modeler, ainsi qu'on l'a dit plus haut, sur les sinuosités qu'elle parcourt, et d'en

réfléchir, pour ainsi dire, en elle-même toutes les irrégularités. Une fois refroidie, elle reste comme la peinture immobile d'un phénomène d'hydrodynamique : et c'est là ce qui donne aux coulées des volcans anciens et modernes ce cachet particulier qui frappe si vivement l'œil même le moins exercé.

L'influence du sol inférieur se manifeste, non-seulement par cette forme générale extérieure à laquelle on reconnaît tout d'abord une lave, lorsqu'on la voit même à une certaine distance; elle se fait encore sentir dans les irrégularités de la structure et de la texture cristalline intérieure, qui sont dans un rapport nécessaire avec les formes de la surface, parce que les mêmes causes, des causes dynamiques, constamment agissantes presque en chaque point, pendant toute la durée du mouvement, ont déterminé à la fois les contours extérieurs et la répartition intérieure des parties plus ou moins tirillées, plus ou moins rapidement solidifiées. De là, il résulte que deux tranches, prises en des points plus ou moins éloignés, différents souvent presque autant par l'association des textures qu'elles offrent, que par le profil qu'elles présentent, ce qui décèle, dans l'ensemble de la coulée, une grande hétérogénéité. Une pareille coulée est même nécessairement hétérogène, dans celles de ses parties qui ont parcouru une surface

unie, mais sensiblement inclinée, à cause de la manière dont la lave roule pour ainsi dire sur elle-même, toutes les fois qu'elle suit une déclivité un tant soit peu sensible.

Il est essentiel de remarquer que, si le nombre variable et la disposition des cellulosités produites par des bulles de fluides élastiques est une des circonstances les plus propres à faciliter les recherches de l'observateur qui veut reconnaître comme l'action de couler a tirailé et tortillé une lave, elle est bien loin d'être la seule qui puisse conduire à ce résultat. Les expressions de texture compacte ou grossière, et celle d'hétérogénéité qui indique le mélange de ces textures, ne s'appliquent même pas directement aux effets produits par la quantité variable des cellules. Quelques-unes de ces substances terreuses, qu'on désigne sous le nom de vacques, paraissent avoir été fluides : la dolérite l'a été aussi. Ces deux roches sont presque toujours exemptes de cellules; et il existe cependant entre elles la même différence de texture qu'entre la craie et le marbre statuaire. Entre ces deux termes extrêmes, on trouve, dans des roches volcaniques non bulleuses, tous les degrés de compacité intermédiaires. Ainsi, on trouve des laves dont le grain correspond à celui du calcaire grossier, du calcaire compacte du Jura; du calcaire compacte, à petits points spathiques, des mon-

tagnes de la Grande-Chartreuse; du calcaire esquilleux subcristallin des terrains de transition : et de même qu'on peut reconnaître la stratification régulière d'un calcaire, à la manière dont se succèdent des strates présentant divers degrés de compacité, on peut reconnaître aussi, dans une masse fondue et solidifiée, les traces du mouvement ou du repos, à la manière dont s'entrelacent, ou dont se succèdent régulièrement les parties qui présentent ces différens genres de texture.

Ainsi, le mot de *Lave* désigne des masses dans lesquelles on trouve combinés les effets d'un phénomène de mouvement ou d'hydrodynamique, et d'un phénomène de refroidissement; et dont, par suite, une certaine forme de contours, une certaine inégalité de texture, une hétérogénéité générale, sont les caractères essentiels.

Le mot de *Basalte* désigne, au contraire, une roche qui joint à une composition déterminée, que beaucoup de laves présentent aussi, une manière d'être constante, et qui, à cause de cette constance même, cesse de réfléchir, dans sa structure intérieure et dans la forme de sa surface supérieure, les contours des masses sur lesquelles elle s'appuie. Le mouvement s'est pour ainsi dire solidifié dans les laves, tandis que le basalte offre un caractère général d'uniformité qui exclut

toutes ces traces de mouvement. L'observateur n'y reconnaît plus que les effets du refroidissement, combinés avec ceux des lois de l'hydrostatique. Si le basalte, répandu dans une vallée, rappelle pour sa forme celle d'un liquide, c'est celle d'un liquide en repos; et non, comme la lave de Volvic, par exemple, celle d'un torrent instantanément congelé.

Ce qui caractérise, en général, les coulées basaltiques, c'est l'uniformité que chacune d'elles présente dans toute son étendue. Le grain de la roche y varie de l'intérieur à la superficie. La surface est bulleuse et le centre ne l'est pas; mais des tranches prises dans des parties éloignées présentent la même association de textures diverses. Si une même coulée de basalte remplit un filon, et forme un épanchement superficiel, la texture du basalte du filon, et celle du basalte de l'épanchement, diffèrent à peine par un peu plus ou un peu moins de cristallinité.

Les basaltes ne s'écartent de leur uniformité habituelle que dans des cas dont l'examen fait presque toucher au doigt la cause de cette uniformité. C'est celui, par exemple, où, sortis d'un cône encore subsistant, ils ont laissé, sur les flancs de ce cône, une traînée de leur propre substance, comme cela se voit sur la pente nord du cône de Thueys qui regarde Montpezat, dans le départe-

ment de l'Ardèche. Cette espèce d'arrière-garde présente une texture scoriacée qui lui ferait refuser le nom de basalte par la plupart des géologues, si on la voyait isolément; et cette texture scoriacée et tiraillée, effet de la combinaison du mouvement avec le refroidissement, fait voir que la texture basaltique uniforme ne s'est développée que dans la partie de la coulée qui, reçue sur un terrain plat, ne s'y est refroidie qu'après s'être arrêtée.

Un autre exemple, non moins concluant, dans lequel un fait analogue se présente sous une forme un peu différente, est celui qui s'observe au *Cruchet-du-bois-du-Mas*, au S.-O. de Pont-Gibaux (Puy-de-Dôme); j'en dois la connaissance à M. Fournet.

Le *Cruchet-du-bois-du-Mas* est un petit mamelon basaltique qui forme le point de divergence de trois coulées de basalte qui s'étendent, en rayonnant, sur le plateau horizontal qui borde, à l'ouest, la vallée de la Sioule.

Deux de ces coulées, qui s'étendent vers Hauteroche et Laudine, sont horizontales et compactes dans toute leur étendue; la troisième, au contraire, se dirige du côté de la Sioule, et, arrivée sur la pente du flanc de la vallée, elle prend la forme d'une lave scoriacée.

M. Constant Prévost a fait remarquer, avec

beaucoup de justesse, que le genre de fluidité des laves et des basaltes peut être assimilé à celui de la cire; et on peut ajouter, en continuant la même comparaison, que l'opposition des mots de lave et de basalte exprime une différence du même genre que celle qui existe entre la cire qui s'est figée en coulant le long d'une bougie, et celle qui, en tombant sur une table, y a formé une tache plate et circulaire.

Une lave pourrait être comparée à une étoffe brochée, tandis que le basalte ressemble à une étoffe unie.

Ainsi, quoique les basaltes ne soient, à prendre la chose sous le point de vue le plus général, qu'une forme particulière des laves, puisque beaucoup de coulées de laves sont de vrais basaltes dans quelques-unes de leurs parties, le seul choix qu'on fait du mot *Basalte* ou du mot *Lave* pour désigner une matière fondue et solidifiée exprime une idée très précise, qui se réduit à dire que, dans le premier cas, on ne reconnaît que l'effet combiné des lois du refroidissement et de l'hydrostatique, tandis que dans l'autre on voit intervenir aussi les résultats de phénomènes dynamiques.

Ce n'est pas d'après les échantillons réunis dans une collection qu'une pareille distinction peut être établie, mais d'après l'examen fait sur place de l'ensemble. Or, l'Etna et le Cantal ont été

soumis depuis long-temps par un grand nombre d'observateurs à un pareil examen. C'est de coulées de laves bien caractérisées, et non de nappes uniformes de basaltes, que l'Etna est recouvert de sa cime à sa base ; c'est de nappes uniformes de basaltes, et non de coulées de laves hétérogènes que le Cantal est revêtu. Les flancs des deux massifs sont cependant à peu près également inclinés ; donc la croûte extérieure de l'Etna (je ne parle pas ici du val del Bove) présente, prise en masse, un caractère qui la distingue essentiellement de celle du Cantal. La croûte de l'Etna est évidemment une croûte d'éruption ; le Cantal au contraire est nécessairement un cône de soulèvement, dont la surface a été solidifiée d'abord dans une situation à peu près horizontale.

On est ainsi ramené à la conclusion à laquelle nous étions déjà arrivés M. Dufrénoy et moi, en suivant une marche différente, et les faits même qu'on nous allègue comme des objections, fournissent *à posteriori* une confirmation indirecte de nos premières déductions.

La seule rédaction du passage du Bulletin transcrit ci-dessus montrerait à quelqu'un, qui du reste n'aurait jamais entendu parler de l'Etna, que sur ses flancs les laves n'ont acquis qu'exceptionnellement la compacité basaltique. On cite, comme un fait remarquable, que la coulée de 1669 présente

une structure basaltique à la *Torre di Grifo* : or, puisque ce fait se remarque, puisqu'on en désigne la localité précise, afin qu'un autre voyageur puisse le retrouver, il est évident qu'il est exceptionnel. Qui est-ce qui songerait jamais à désigner au Cantal une localité particulièrement favorable à l'observation de la compacité du basalte ? elle y est universelle. Il n'y existe pas un seul lambeau de matières cohérentes ayant la composition du basalte, qui ne présente cette compacité à partir d'une très petite distance de ses surfaces inférieure et supérieure.

Que pouvait-il donc exister de plus différent que la cuirasse uniformément basaltique du Cantal et celle de l'Etna, formée de laves présentant seulement des ganglions basaltiques ? Quelle différence plus significative pouvait-il exister entre elles ?... Si la cuirasse de l'Etna eût été formée de laves d'une texture également grossière dans toutes leurs parties, on aurait pu croire que la différence indiquée était inhérente à leur nature. Mais du moment où il y a des parties basaltiques, il est évident que la texture grossière de la plus grande partie des coulées de l'Etna ne peut résulter que des circonstances de leur solidification, qui doivent par suite avoir été différentes de celles dans lesquelles se sont solidifiées les nappes basaltiques du Cantal ; et comme il est *certain*.

qué les basaltes superficiels du Cantal se sont refroidis à l'air libre, aussi bien que les laves de l'Etna; on ne peut chercher la différence de circonstances dont il s'agit que dans la forme différente des surfaces sur lesquelles les matières fluides se sont étendues. Les laves de l'Etna ont coulé sur une déclivité irrégulière; les basaltes du Cantal doivent au contraire s'être étendus primitivement sur un plan sensiblement horizontal.

Une simple construction géométrique va achever de mettre dans tout son jour la différence des revêtemens extérieurs du Cantal et de l'Etna; concevons que la base du Cantal s'abaisse dans son centre, que chacun des secteurs basaltiques qui le couvrent tourne autour de sa base extérieure comme autour d'une charnière, et se rabatte ainsi dans le plan général des basaltes répandus sur le plateau de l'Auvergne.

Quiconque a parcouru ces contrées en géologue, sait que si les basaltes du Cantal étaient ainsi rabaissés au niveau général des plateaux environnans, il n'existerait plus dans toute la contrée qu'un plateau basaltique uniforme, dont les diverses parties ne présenteraient aucune différence essentielle dans la nature et la texture des roches. L'emplacement du centre actuel du groupe ne serait plus reconnaissable qu'aux traces laissées par la cavité centrale, et par les vallées de déchirement

que les eaux ont élargies depuis un grand nombre de siècles, et dont les bords n'auraient pu se rejoindre exactement.

Passons maintenant à l'Etna; supposons que le cône actuel de l'Etna soit découpé artificiellement, comme le Cantal l'a été par la nature; supposons que les secteurs de laves et de scories accumulées qui composent sa surface tournent autour de leur base extérieure, comme charnière, et se rabattent dans le plan de la surface générale de la Sicile. La surface plane, ainsi formée, présentera-t-elle un plateau de roches d'une texture parfaitement uniforme? Chacune de ces coulées de laves, dont le *caractère* est d'être hétérogène, prendra-t-elle, dans son ensemble, une ressemblance quelconque avec ces nappes basaltiques, dont le *caractère* est d'être uniformes? Ne pourrions-nous pas distinguer encore, et presque du premier coup d'œil, ce qui fut l'extrémité supérieure, de ce qui fut l'extrémité inférieure de chacune d'elles? Un observateur aura-t-il besoin de faire attention aux traces laissées par la division préalable du massif aux secteurs, pour marquer la place où fut située la cheminée principale? Ne lui suffira-t-il pas, au contraire, de faire attention à la variation de texture que présente chaque coulée, examinée en différens points, et que présente surtout, pris en masse, l'ensemble de toutes les

coulées, lorsqu'on s'éloigne de la circonférence de la base primitive, pour pouvoir dire en approchant du centre : ici dut être placé l'orifice du principal conduit d'éruption ; ici fut le point de départ du mouvement, dont toutes les coulées conservent les traces ; ici fut le point de concours de toutes les pentes sur lesquelles ces matières ont coulé. Si on répond affirmativement à toutes ces questions (et il me semblerait difficile de ne pas le faire), on aura résolu la question que l'examen du Cantal a soulevée, on aura reconnu que les formes coniques de l'Etna moderne et du Cantal résultent de deux phénomènes très-différens l'un de l'autre.

Les secteurs désunis de la croûte de l'Etna, rabattus sur le plan de sa base, présenteraient en effet à l'œil de l'observateur l'aspect le plus extraordinaire. Ces coulées de laves qui se sont si bien modelées sur la forme du sol qu'elles ont parcouru, et dont l'œil s'explique presque machinalement la forme, quand il les voit dans une position en harmonie avec la direction de la pesanteur, prendraient une étrange figure si on les voyait renversées sur un plan horizontal. Celles de leurs parties qui se sont étalées dans des dépressions presque planes, et dont la surface est aujourd'hui presque horizontale, affecteraient des pentes à rebours de 8 à 10°, dont l'œil, comme

cela arrive toujours, s'exagérerait l'inclinaison, et dont rien n'expliquerait plus l'analogie de formes qu'elles présentent dans tous leurs détails avec celles d'un torrent pâteux subitement congelé.

Rien de pareil ne viendrait étonner l'observateur sur les secteurs rabattus du Cantal. Les singularités que présente en quelques points sa surface actuelle auraient disparu par le seul effet du rabattement. Chaque chose y paraîtrait en place, et dans la situation où elle a dû se former. C'est que, dans le fait, en rabattant les secteurs du Cantal, on n'aurait fait que remettre chaque chose dans sa position originaire, tandis qu'en rabattant ceux de l'Etna, on aurait tout dérangé.

Si la position seule des objets qui couvrent la pente de l'Etna explique leur forme et leur disposition, si le rabattement des secteurs du Cantal dans le plan général des basaltes de l'Auvergne explique avec la même facilité tout ce qu'on y observe, cela ne peut évidemment provenir que de ce que l'un est un cône d'éruption, et l'autre un cône de soulèvement.

On peut sans doute recueillir sur les flancs du Cantal des échantillons de basalte assez différens les uns des autres; diverses coulées présentent différens caractères minéralogiques, tels qu'une abondance plus ou moins grande de péri-

dot. Peut-être même trouverait-on des différences du même genre entre diverses parties d'une même coulée, mais des différences exactement semblables existent parmi les basaltes répandus sur les parties de l'Auvergne, où leur ensemble est sensiblement plan et horizontal, de sorte que si le rabatement dont j'ai parlé était opéré, non-seulement au Cantal, mais encore au Mont Dore et au Mezenc, l'ensemble de tous les basaltes de la France centrale formerait pour ainsi dire un vaste réseau dans lequel rien ne distinguerait une maille d'une autre, et où par conséquent rien n'indiquerait que pendant l'époque basaltique il se soit passé dans une des mailles des phénomènes d'une nature différente de ceux qui se seraient passés dans une autre. Cela prouve évidemment que les différences essentielles que présente aujourd'hui la disposition des basaltes dans les différentes mailles doivent résulter de phénomènes postérieurs à leur solidification.

De là sans doute, il ne résulte pas, que tous les basaltes de l'Auvergne se soient solidifiés dans une position rigoureusement horizontale. Nous avons déjà remarqué ailleurs que par suite de leur viscosité ils peuvent s'être solidifiés dans une position légèrement inclinée; mais cette inclinaison, au moins pour les épanchemens un peu abondans, est restreinte dans des limites fort

étroites, et bien inférieures à la pente générale du Cantal, puisque nous voyons que les pentes de la base de l'Etna, qui sont à peu près de la même intensité moyenne, ont été suffisantes pour que la persistance des traces du mouvement soit devenue le caractère dominant des laves basaltoides qui les ont parcourues.

Pour faire sentir l'opposition de caractère qui existe entre l'Etna et le Cantal, je n'ai pas eu besoin de données très précises, parce que l'opposition se manifeste surtout entre les choses prises en masse.

Ce même genre d'opposition en masse existe de même, ainsi que je le montrerai plus loin, entre les nappes basaltiques du Cantal et les coulées modernes de l'Auvergne; mais comme la disposition de ces dernières coulées nous est, quant à présent, beaucoup mieux connue que celle des coulées de l'Etna, je commencerai à leur égard par des considérations de détail qui ne peuvent que rendre plus positive la conclusion générale.

Sur quelles pentes ont coulé les laves qui sont sorties des volcans modernes de la France centrale? Les plus larges, et les plus uniformément inclinées de ces coulées modernes, appelées *Cheires* par les Auvergnats, sont celles des Puits de Côme et de Louchadière, qui viennent se réunir à Pont-Gibaux, et qui, la première surtout, ne le cèdent

guère, peut-être, en largeur aux plus larges coulées de l'Etna.

La pente de chacune de ces coulées depuis le pied du cône d'où elle est sortie jusqu'à Pont-Gibaux est à peu près uniforme, et il suffit par conséquent de connaître la hauteur d'un point de chacune de ces coulées et la distance horizontale du même point à Pont-Gibaux, pour pouvoir calculer sa pente. Or, d'après les données que M. Fournet a eu la complaisance de me communiquer, le lit de la Sioule à Pont-Gibaux est élevé de 662 mètres au-dessus de la mer.

Le terrain primitif près du Puy de Lentegy s'élève à 967 mètres.

Le camp de Cazaloux, sur la coulée de Côme près des fontaines glacées, est à 777 mètres.

Le terrain primitif à Chazelle, au niveau de la coulée de Louchadière, s'élève à 808 mètres.

Le terrain primitif à Saint-Ours, au niveau de la coulée de Louchadière, s'élève à 815 mètres.

En combinant ces données avec les distances des mêmes points, mesurées sur la grande carte de Desmarest, on trouve, d'après la première, pour la pente de la coulée de Côme, $2^{\circ} 26' 20''$

Et d'après la deuxième, $2^{\circ} 11'$

D'après la troisième, pour la coulée de Louchadière, $2^{\circ} 51'$

Et d'après la quatrième, pour la même coulée de Louchadière, $2^{\circ} 24' 20''$

De sorte qu'en moyenne la pente des coulées de Côme et de Louchadière est de $2^{\circ} 28' 20''$.

Ces résultats ne s'appliquent qu'aux parties des deux coulées dont l'inclinaison est sensible à l'œil, et où les traces du mouvement sont visibles partout. Mais la coulée de Louchadière, arrivée à Pont-Gibaux, s'y est étendue sur le fond de la vallée de la Sioule, qu'elle a suivi pendant quelque temps, et où elle s'est arrêtée, en prenant une compacité presque basaltique, et en se divisant en prismes. Dans cette partie de son étendue, la pente n'est presque plus visible à l'œil, et les traces du mouvement ont aussi à peu près disparu; il y en reste cependant encore plus que dans le basalte ordinaire. Or, quelle est la pente réelle de cette extrémité de la coulée? La pente de la vallée de la Sioule de Pont-Gibaux à la mine de Barbecot est de moins de 1° , et celle de la partie évasée de la vallée, où les coulées se sont arrêtées bien avant Barbecot, est encore moindre.

Ainsi, une pente constamment au-dessous de 3° a suffi pour imprimer, d'une manière ineffaçable, dans les masses fluides, les vestiges d'un phénomène d'hydrodynamique; il a fallu que cette pente se réduisit à moins d'un degré, pour que

la persistance des traces bien visibles du mouvement cessât d'en être la conséquence; et même sur cette pente d'un degré au plus, la compacité n'est pas encore complètement basaltique. Si on réfléchit un instant à la petitesse de la différence qui existe entre une pente de $2^{\circ} 28'$ et une pente d'un degré, et à la grande différence de texture qui existe entre les parties de la coulée de Louchadière qui ont parcouru ces deux pentes, qui diffèrent si peu en quantité absolue, on verra que l'expérience va ici bien au-delà de ce que les raisonnemens consignés plus haut auraient permis de conclure, et qu'une masse de matière fondue, qui se refroidit en coulant, est un des instrumens les plus sensibles qu'on pût concevoir pour apprécier les différences de pentes très faibles, et pour en conserver l'empreinte ineffaçable. C'est une chose presque merveilleuse, que la nature ait fait pour nous de pareilles expériences avant peut-être la naissance du genre humain, et nous ait laissé écrites, sur un registre si facile à lire, les inégalités de reliefs aussi peu prononcés. Comment pourrait-on supposer, d'après cela, que les nappes basaltiques du Cantal, dont la pente moyenne atteint ordinairement 4° , et est quelquefois plus grande, auraient coulé sur ces mêmes pentes, sans conserver dans leur forme générale et dans leur texture aucune trace sensible de

mouvement? Il est donc évident que les irrégularités qu'on pourrait supposer dans la forme première du plateau basaltique qui se relève sur les flancs du Cantal, sont d'un ordre inférieur de beaucoup au Cantal lui-même.

Plus les nappes basaltiques du Cantal sont étendues, plus la limite de ces irrégularités possibles est restreinte. En effet, les pentes des coulées de la chaîne des Puys ne sont pas toutes aussi faibles que celles des coulées de Côme et de Louchadière. Des coulées moins abondantes se sont quelquefois arrêtées sur des pentes plus fortes, mais qui cependant sont toujours en elles-mêmes très peu considérables. La pente totale de la coulée de Volvic, depuis le point où on la voit sortir à mi-côte du Puy de la Nugère jusqu'au bourg de Volvic, s'élève peut-être à $6^{\circ} 10'$; mais dans cette pente moyenne totale, sont comprises des parties extraordinairement inclinées. La pente de la partie inférieure et la plus régulière de la coulée, comprise entre Marsenat et Volvic, est tout au plus de $4^{\circ} 16'$.

La lave sortie du Puy de Parion a coulé depuis le pied du cône jusqu'à la baraque, sur une pente de 3 à 4° ; là elle s'est divisée en deux branches, qui ont suivi les deux vallons entre lesquels s'élève le cap de Prudelles, et qui se sont dirigées d'un côté vers Nohament, avec une pente moyenne

générale de $5^{\circ} 25'$, et de l'autre vers Fontmôre, avec une pente générale moyenne de $6^{\circ} 41'$. Dans ces dernières pentes sont comprises les chutes très rapides que les deux branches de coulée éprouvent à la cime des deux vallons dont j'ai parlé, chutes qui font que les deux pentes que je viens de donner, toutes faibles qu'elles sont en elles-mêmes, sont évidemment de beaucoup supérieures aux pentes moyennes des *Cheires* de l'Auvergne.

Connaissant maintenant les limites entre lesquelles oscille l'inclinaison des *Cheires*, nous avons un moyen bien simple de les mettre en opposition, de la manière la plus directe possible, avec les surfaces basaltiques inclinées, et cependant uniformes, du Cantal.

Concevons que tous les cônes de scories de l'Auvergne et du Vivarais soient transportés sur les flancs du Cantal avec les coulées qu'ils ont vomies; supposons que chaque cône de scories soit placé à une distance de la circonférence égale à la longueur de la coulée, ou un peu moins grande, et telle que la partie inférieure et horizontale de cette coulée repose sur le plateau qui environne la base. Supposons même qu'on ait choisi, pour placer ainsi chaque volcan moderne, une partie des flancs du Cantal dont la pente soit égale à celle que la coulée a réellement parcourue,

supposition qui n'a rien d'impossible, attendu que les pentes du Cantal sont variables, qu'elles surpassent en beaucoup de points celles des coulées modernes, et que, dans beaucoup de directions, elles s'atténuent considérablement en s'éloignant du centre. Ce transport opéré, la différence qu'on remarquera entre les parties inclinées des coulées et les basaltes qui les supporteront, la ressemblance qui existera, au contraire, généralement entre les parties inférieures et horizontales des coulées et les basaltes, tant du plateau environnant que des flancs du grand cône, fera naître dans l'esprit de tous les observateurs la vraie théorie du Cantal.

Mais pour rendre l'opposition plus sensible encore, imaginons, comme nous l'avons déjà fait, que les différens secteurs du Cantal soient rabattus dans le plan général du plateau avec les coulées que nous y avons transportées; l'ensemble de tous les basaltes présentera alors une vaste plaque uniforme où rien ne rappellera le mouvement. Les coulées modernes, au contraire, conserveront, même rabattues, leurs caractères de *Cheires*, qui est un caractère essentiellement dynamique; et ce caractère frappera d'autant plus les yeux, que la direction de la pesanteur ne viendra plus l'expliquer à l'œil d'une manière presque machinale: rien ne sera si facile que de retrouver leur tête

et leur queue. Le seul examen de la manière dont l'action de couler les a en quelque sorte tressées, indiquera la direction de leurs cours. Elles montreront, pour ainsi dire, du doigt le sens de la pente que le rabattement supposé viendra de faire disparaître; elles conserveront l'empreinte variée de tous les détails topographiques de la surface; qu'elles déroberont à nos regards, et le contraste de cette variété avec l'uniformité des basaltés, rabattus de même, sera le témoignage irrécusable d'une différence essentielle dans les phénomènes auxquels les deux classes de masses doivent leur origine, et de la nécessité de recourir à l'hypothèse d'un grand phénomène mécanique pour expliquer un fait dont les seuls phénomènes de fusion et de consolidation ne peuvent nous donner la clef.

La plupart des coulées sorties sur les flancs de l'Etna, du pied de ces cônes de scories semblables à nos Puys, qui s'y élèvent au nombre de 60 à 80, pourraient de même être transportées sur les flancs du Cantal; et, indépendamment de ce qu'elles y donneraient lieu, de leur côté, à des observations et à des conclusions tout-à-fait semblables à celles que je viens d'exposer, on pourrait remarquer que même les plus grandes paraîtraient peu considérables, à côté des plateaux inclinés qu'elles couvriraient en partie. La coulée

sortie en 1669 près de Nicolosi a été une des plus volumineuses que l'Etna ait produites; et, d'après les calculs de Borelli, corrigés par l'abbé Ferrara (*Descrizione dell' Etna*, p. 107), son volume est d'environ 600,000,000 de mètres cubes. Par conséquent, en la supposant étendue sur un triangle de 20,000 mètres de longueur (longueur qui est moindre que celle de la plupart des secteurs basaltiques du Cantal), et en supposant son épaisseur moyenne réduite à 10 mètres, sa plus grande largeur ne serait que de 6,000 mètres, sa surface moyenne serait moindre que celle d'un des plus petits secteurs du Cantal, celui qui est compris entre les vallées de Falgoux et des Maronies. Il faudrait au moins 20 coulées pareilles pour revêtir d'une couche de 10 mètres d'épaisseur la surface des secteurs basaltiques du Cantal; peut-être en faudrait-il 100 pour représenter la masse des basaltes qui s'élèvent obliquement sur ses flancs; et comme les parties d'une capacité basaltique sont, jusqu'à un certain point, une rareté dans les laves de l'Etna, on peut juger, d'après ce calcul, que si les coulées de l'Etna venaient à être réduites à celles de leurs parties, qui peuvent être comparées plus ou moins exactement au basalte, elles ne formeraient plus qu'un infiniment petit par rapport à la couverture basaltique du Cantal, et qu'elles ne seraient qu'une petite partie de la masse totale.

L'opposition de caractères que je viens de rendre sensible au Cantal; à l'aide d'un transport idéal, existe en réalité dans les Monts Dore, sur une échelle moindre, à la vérité, mais d'une manière qui paraît être encore très frappante. Pourquoi, en effet, ces petites coulées trachytiques, signalées par MM. Fournet et Burat comme sorties des flancs postérieurs des rocs de Cliergue et de Cuzeau, et comme ayant coulé sur les plateaux trachytiques inclinés, conservent-elles, dans toute leur manière d'être, l'empreinte du mouvement, tandis que les grandes nappes trachytiques, dont elles suivent l'inclinaison, n'en présentent aucune trace? Cela ne provient-il pas évidemment de ce qu'au moment où ces petites coulées se sont épanchées, les assises trachytiques sur la surface desquelles elles ont coulé, avaient déjà contracté une inclinaison qu'elles ne présentaient pas au moment où elles se sont elles-mêmes solidifiées?

Il résulte d'un grand nombre de remarques consignées par l'abbé Ferrara, dans son ouvrage intitulé : *I campi Flegrei della Sicilia*, qu'une opposition du même genre existe tout autour de l'Etna, entre les laves qu'il a vomies et les basaltes qui font partie de sa base, tels que ceux des îles Cyclopes, et cette même opposition de caractères se présente aux environs de Clermont, entre les laves qui sont descendues de la chaîne des Puys dans

les vallons qui débouchent vers la Limagne, et les basaltes généralement horizontaux qui forment comme les chapiteaux des collines calcaires ou granitiques entre lesquels débouchent ces mêmes vallons. Les coulées modernes sont ici scoriacées jusqu'à leur extrémité inférieure, et leur pente moyenne varie de 2 à 7°; les basaltes, au contraire, sont généralement compactes et horizontaux. La différence s'explique d'elle-même, lorsqu'on remarque que les basaltes se sont solidifiés dans la position horizontale où nous les trouvons, tandis que la porosité des laves est une conséquence naturelle de la déclivité des pentes dont elles n'ont pas atteint l'extrémité.

Un seul des lambeaux basaltiques des environs de Clermont fait peut-être exception à l'horizontalité générale des autres (1); c'est celui qui

(1) Un excellent observateur, M. le comte de Montlosier, a été frappé il y a déjà bien des années de ce fait, que le basalte de Prudelle présente, dans sa manière d'être comparée à celle des autres basaltes des environs de Clermont, une circonstance exceptionnelle; voici comment il s'exprime à ce sujet dans son ouvrage sur les volcans de l'Auvergne: « Cette montagne, qui forme une » arête longue et étroite du couchant à l'orient, devient » fort intéressante dans la partie de la grande route qui » la traverse et où commence ce qu'on appelle le Grand- » Tournant. La lave ne repose là que sur un granite friable, et encore se trouve-t-il entre deux, une couche de

forme le cap de Prudelle, sur la route de Clermont à Pont-Gibaux. Ce petit lambeau basaltique, quise trouve plus rapproché que tous les autres du foyer des éruptions modernes, et qui, par suite, a été plus exposé qu'aucun d'eux aux secousses dont ces éruptions ont dû être accompagnées, et aux dégradations dont elles ont dû être la cause, est devenu le texte d'une objection de détail. Cette objection a été rendue insignifiante par la manière dont elle a été imprimée, parce qu'on ne l'a fait porter que sur la direction des prismes basaltiques, direction qui n'est pas susceptible d'être constatée, dans son ensemble, avec assez de précision pour qu'il soit possible d'en tirer, dans un sens ou dans un autre, la moindre conclusion positive; mais je vais examiner l'objection dans sa forme première: elle portait sur l'inclinaison que présente aujourd'hui la surface supérieure du lambeau basaltique qui couronne le cap de Prudelle.

Il est en effet certain, d'après les nivellemens que M. de Cournon a effectués pour vérifier les

» débris volcaniques scorifiés; ce qui fait qu'à cet en-
 » droit le rocher de lave, dont une partie a dévalé dans la
 » gorge, s'est affaissé considérablement. La montagne
 » commence à prendre un col, et il ne s'en faut plus que
 » de quelques pieds pour que la montagne, qui tient
 » encore au continent supérieur, ne fasse plus qu'une
 » masse isolée et détachée.»

célèbres expériences barométriques de M. Ramond, que la partie occidentale et la plus en saillie, dans la plaine de ce lambeau basaltique, se trouve de 93 mètres plus basse que son extrémité orientale, qui est sensiblement au niveau de la Baraque; la distance des points où ces hauteurs ont été mesurées est de 16,000 mètres; et il résulte de ces données qu'une ligne droite, couchée sur le lambeau de Prudelle, dans son état de dégradation actuel, serait inclinée de $3^{\circ} 19'$, quantité qui déjà est moindre que l'inclinaison de la plupart des flancs du Cantal.

Mais avant de tirer aucune conclusion de ce résultat, il faudrait savoir ce qu'il deviendrait si on restaurait complètement la surface du lambeau de Prudelle. Or, tout indique que, si cette restauration était opérée, l'extrémité occidentale, la plus saillante dans la plaine et aujourd'hui la plus basse du lambeau, gagnerait en hauteur beaucoup plus que l'autre, de sorte que la pente de $3^{\circ} 19'$ dont je viens de parler serait peut-être atténuée au point de dispenser de tout commentaire sur la différence de compacité qui existe entre le basalte et les laves de la coulée de Pariou, qui, après avoir coulé elles-mêmes sur une pente de $3^{\circ} 4'$, sont venues se bifurquer à la Baraque.

Si, au contraire, la restauration dont j'ai parlé étant opérée, la pente de la surface basaltique

restait un peu notable, si elle restait par exemple de 3°, que faudrait-il en conclure? Il en résulterait simplement la présomption que les secousses qui n'ont pu manquer d'accompagner le commencement des éruptions de la chaîne des Puys, qui, selon toute apparence, ont élevé, à la cime du Puy-Chopine, les lambeaux de roches primitives qu'on y observe, qui peut-être même ont fait surgir les dômes de Sarcouy, du Suchet et du Puy-de-Dôme, à une lieue de notre lambeau basaltique et dans la direction où il paraît se relever, n'ont pas laissé complètement dans sa position originale la base granitique de la chaîne des Puys, mais qu'elles ont produit ou augmenté le bombement général du plateau dont, par une coïncidence qui sans cela serait singulière, l'axe de la chaîne des Puys se trouve occuper précisément la ligne culminante. Cette supposition n'aurait rien de contraire à ce qu'on peut constater de l'horizontalité plus ou moins exacte que présentent, dans une coupe transversale, les calcaires de eau douce situés plus loin des points d'éruption et les basaltes qui les recouvrent, et elle aurait cela de satisfaisant qu'elle dispenserait d'attribuer à la seule érosion des eaux la double pente sur laquelle les laves modernes ont coulé, les unes vers la vallée de la Sioule, et les autres vers celle de l'Allier.

Du Col des Goules à la Baraque, le calcul donne une pente générale de $3^{\circ} 23'$, pente qui, par un singulier hasard, se trouve presque identique avec celle de la surface de notre lambeau basaltique dans son état de dégradation actuel. Cette pente de $3^{\circ} 23'$ est plus grande que celle de la surface du granite, par suite de l'épaisseur des éjections récentes qui forment le Col, de même que la pente actuelle d'une droite couchée sur le basalte est trop grande, par suite de son état de dégradation. Mais si on suppose que le terrain primitif s'élève, au-dessous des Goules, à la même hauteur qu'au pied du Puy de Lentegy, qui en est très peu éloigné, supposition qui est la plus probable qu'on puisse faire, la pente de la surface granitique de ce point à la Baraque sera de $2^{\circ} 1'$; et on voit alors que, si la surface bombée du plateau granitique était rabattue dans le plan de son bord oriental, la surface du lambeau de Prudelle n'aurait besoin que d'avoir été très légèrement relevée par la restauration que j'ai indiquée, pour se trouver remplacée, par le seul fait du rabattement, dans une position aussi voisine de l'horizontale que l'extrémité inférieure de la coulée de Louchadière.

Je ne présente, au reste, tout ce que je viens de dire sur le lambeau basaltique de Prudelle que comme de simples aperçus, auxquels le peu d'é

tendue de ce même lambeau m'empêche d'attacher une bien grande importance. Il me paraissait utile de montrer que les considérations auxquelles il conduit naturellement sont en harmonie avec celles qui se déduisent de l'examen des basaltes du Cantal; mais il ne faut pas perdre de vue que les raisonnemens que j'ai faits sur le Cantal tirent leur principale force de la grande étendue de son manteau basaltique, comparativement auquel le lambeau de Prudelle, qui a 1,600 mètres de long et une largeur beaucoup moindre, est, pour ainsi dire, un infiniment petit. Il est, par exemple, évident que l'incertitude où l'on reste sur la forme que la restauration complète du lambeau de Prudelle donnerait à sa surface supérieure, n'existerait pas, ou deviendrait insignifiante si son étendue était considérable. De là, il résulte que les conséquences auxquelles le Cantal donne naissance sont hors de comparaison avec toutes celles qu'on pourrait déduire de l'examen du lambeau basaltique de Prudelle, sur la manière d'être duquel pourraient avoir influé des causes locales auxquelles l'état d'isolement où il se trouve aujourd'hui rendrait difficile de remonter.

Essaiera-t-on d'expliquer la position inclinée du basalte de Prudelle, en supposant qu'au moment de son émission il était plus pâteux que ne le sont de nos jours et que ne l'ont été générale-

ment les laves? Partira-t-on ensuite de cette explication pour jeter des doutes sur l'horizontalité primitive des basaltes du Cantal? Mais d'abord il est évident que, plus un fluide qui s'est étendu sur une surface donnée aura été pâteux, plus les traces du mouvement que son extension a nécessité auront été persistantes. Si un corps solide ou presque solide venait à être aplati de manière à prendre la forme d'une grande plaque, il présenterait, dans tous ses points, des traces d'écrasement. La ductilité du fer ne l'empêche pas de contracter, dans l'acte du laminage, une disposition fibreuse dans le sens de son allongement. L'absence, dans les basaltes, de toute trace persistante de mouvement est donc un motif pour supposer qu'ils étaient doués, au moment de leur émission, d'une très grande fluidité.

Le fait de la grande fluidité initiale des basaltes, est d'ailleurs indiqué par la circonstance que des nappes souvent très étendues de cette roche ont été épanchées par des ouvertures fort étroites. Il serait difficile de concevoir qu'une matière aussi peu conductrice de la chaleur que le basalte, après s'être épanchée par un orifice étroit, se fût refroidie assez vite pour ne pas avoir le temps de couler, par le seul effet de sa pesanteur, sur une déclivité un tant soit peu sensible. Enfin, cette grande fluidité de la plupart des basaltes, au mo

ment de leur épanchement , se trouve établie d'une manière indépendante de toute hypothèse , par la grande étendue que présentent si souvent les nappes basaltiques , avec une épaisseur sensiblement constante sur des surfaces horizontales où une matière un tant soit peu pâteuse n'aurait formé qu'un dôme plus ou moins surbaissé.

Ces considérations me conduisent à m'occuper des différences qui paraissent avoir très fréquemment existé entre le mode d'émission des basaltes et celui des laves de nos volcans actuels.

Il ne serait pas impossible, sans doute, que tous les basaltes de l'Auvergne eussent coulé exactement de la même manière que ceux de Thueys et du Tartaret. Je devais mettre cette hypothèse en première ligne, car c'est nécessairement celle qu'adoptent les personnes qui ne voient, dans le massif du Cantal, qu'un Etna démantelé. Il est, en effet, évident qu'admettre la moindre différence essentielle et constante entre l'état de fluidité des basaltes et celui des laves basaltiques, serait de la part des personnes qui supposent que tous les massifs de matières volcaniques, formés à l'air libre, l'ont été exactement de la même manière que les cônes des volcans modernes, un premier pas rétrograde. Mais en montrant que, même dans la supposition d'une complète identité dans le mode d'émission des basaltes et des laves,

le Cantal devrait être regardé comme un cône de soulèvement, je ne me suis appuyé en aucune manière sur la supposition d'une pareille identité. Je puis donc maintenant revenir sur les différences qui pourraient avoir existé entre le mode d'émission des basaltes et celui des laves; et si, considérées en elle-mêmes, ces différences sont de nature à rendre improbable la formation, par simple voie d'éruption, d'un cône tel que le Cantal, elles viendront naturellement à l'appui de mes conclusions précédentes.

Il est plus aisé de faire ressortir l'opposition de caractères qui existe entre les laves et les basaltes, sous le rapport de l'état des masses au moment de leur solidification, que de limiter, d'une manière précise, ce qu'on doit entendre par basaltes. Cette limitation est peut-être même impossible.

D'une part il paraît, ainsi que je l'ai rappelé, qu'il existe, dans les laves mêmes de l'Etna, des parties d'une texture à peu près basaltique; et, dans tous les cas, il est certain que les coulées de Thueys et de Tartaret, qui présentent de véritables basaltes à leur extrémité inférieure, sont sorties de cônes de scories qui ne présentent, avec ceux des environs de Clermont, aucune différence appréciable; mais il est également certain que les basaltes se lient par une gradation insensible aux roches dites trappéennes.

Les géologues anglais et écossais ont, pour la plupart, renoncé à établir une ligne de démarcation tranchée, entre les basaltes de la chaussée des Géans et de Staffa et les roches trappéennes dites Whinstones et Toadstones, qu'ils appellent souvent basaltes. M. Léonhardt a compris toutes ces roches dans sa monographie des basaltes; et on doit convenir que la rareté du péridot dans certains basaltes, tels que ceux de Staffa, et le fait constaté par M. G. Rose de l'identité fondamentale de l'amphibole et du pyroxène, rendent à peu près illusoires les caractères tranchés à l'aide desquels on a cherché jusqu'ici à établir un point d'arrêt dans cette longue série. Quelles que soient d'ailleurs les différences que des recherches ultérieures pourraient établir entre les trapps écossais et les basaltes proprement dits, il est certain qu'ils ont rempli, comme beaucoup de basaltes, des crevasses dans les roches préexistantes, qu'ils se sont épanchés comme eux à la surface du sol, qu'ils se sont de même divisés en prismes d'une régularité souvent parfaite, et qu'ils ont produit, sur les différentes roches avec lesquelles ils ont été en contact, le même genre d'altération; de sorte qu'on ne serait fondé à supposer, entre le genre de fluidité qu'ils ont possédé et le genre de fluidité qu'ont possédé les basaltes les plus chargés de péridot, aucune différence nettement tranchée.

Il est toutefois évident que, bien que les basaltes et les trapps forment une série continue, il n'y a pas eu identité complète dans le mode d'émission, à la surface du globe, de tous les termes de cette série. L'abbé Ferrara, dans son ouvrage intitulé : *I campi Flegrei della Sicilia*, imprimé en 1810, insistait déjà, et à ce qu'il me semble avec beaucoup de raison, sur la nécessité d'admettre une différence d'origine entre les basaltes prismatiques des îles Cyclopes et de plusieurs autres points de la base de l'Etna, et les laves de l'Etna moderne, qui, en se refroidissant sur ces flancs et même sur les rivages qui l'avoisinent, n'y ont contracté que dans des cas extrêmement rares et sur une très petite échelle la division prismatique. M. Bertrand Roux de Doue et M. Burat ont insisté, de leur côté, sur la possibilité de diviser les éruptions basaltiques du Vivarais et du Velay en plusieurs séries d'âge différent; sur la ressemblance que le mode d'émission des basaltes les plus récents paraît avoir eue avec celui des laves actuelles, et sur les différences de plus en plus grandes qu'a présentées, avec celui des laves actuelles, le mode d'émission des basaltes de plus en plus anciens. La loi reconnue par ces trois géologues se trouve confirmée par le fait que, si on prolonge la série basaltique jusqu'au trapps, dont les basaltes les plus anciens

se rapprochent graduellement, on arrive à constater un mode d'éruption essentiellement différent de celui des volcans actuels.

Il me suffira, pour établir cette différence, de rappeler brièvement, d'après MM. Jackson et Alger, les circonstances du gisement des trapps de la Nouvelle-Écosse.

Sur le revers N.-O. de la Nouvelle-Écosse, une langue de terre élevée, plus élevée même que l'intérieur du pays, et désignée par le nom de Montagnes du Nord (*the North Mountains*), s'étend le long de la côte de la baie de Fundy, comme une digue naturelle et presque rectiligne, séparée des collines de l'intérieur, par la baie de Sainte-Marie, le bassin d'Annapolis et le bassin des mines, qui sont presque liés entre eux par des terrains bas formés d'alluvions. Cette langue de terre est composée d'un trapp qui se divise naturellement en gros prismes verticaux plus ou moins réguliers. Du côté de l'intérieur, les flancs de la masse trappéenne sont arrondis; et leur pied, abrité du vent du N.-O. par la masse elle-même, présente un sol fertile, formé du mélange des matériaux provenant de la destruction du trapp et du grès sur lequel il repose; sol orné de riches cultures, qui ont fait surnommer les environs d'Annapolis le jardin de la Nouvelle-Écosse. Partout, au contraire, où le pied de la masse trap-

péenne est battu par les flots de la baie de Fundy et par ses marées de 70 pieds de hauteur, elle présente des faces abruptes et presque perpendiculaires. Les joints naturels qui divisent la masse de trapp en prismes verticaux sont la cause de cette disposition, qui donne, à toute la côte qui en est formée, un aspect à la fois si rude et si pittoresque. La destruction continuelle qui renouvelle sans cesse la fraîcheur de ces falaises, et les empêche de s'arrondir comme les pentes qui regardent l'intérieur du pays, donne lieu à des accidens variés dont un grand nombre sont représentés dans les vues qui accompagnent le mémoire des deux géologues américains. L'œil compare avec étonnement les dimensions des plus grands arbres et des plus grands vaisseaux à celles de ces monumens de la nature. Les colonnades basaltiques de l'île de Staffa et de la chaussée des Géans sembleraient presque d'élégantes miniatures, à côté des gigantesques escarpemens qui bordent la brèche par laquelle les eaux de la mer, traversant la digue trappéenne, pénètrent dans le tranquille bassin d'Annapolis, où une flotte entière se rirait des tempêtes, sous la protection de cette énorme muraille.

« La formation trappéenne de la Nouvelle-Écosse, disent dans leurs conclusions MM. Jackson et Alger, s'étend de l'est à l'ouest, sur une

» longueur de 130 milles (21 myriamètres ou 45
» lieues), et forme, comme dépôt de trapp, un
» des champs les plus étendus et les plus fertiles
» de recherches minéralogiques et géologiques
» que présente le monde connu. Différant en cela
» de la plupart des formations étendues de la
» même roche, sa largeur est tout-à-fait hors de
» proportion avec sa longueur; elle n'excède nulle
» part trois milles, et dans quelques endroits, où
» elle a été entamée sur le rivage de la mer par
» des ravins profonds, elle présente à peine une
» largeur égale au centième de sa longueur. En
» prenant une moyenne, on trouverait probable-
» ment que la largeur de la masse totale des mon-
» tagnes du Nord, en y comprenant la presque île
» de Digby, n'excède pas le trentième de sa lon-
» gueur totale. D'après cette circonstance, on doit
» être porté à y voir un immense dyke élevé de
» dessous le grès à travers quelque crevasse large
» et continue, produite par le soulèvement sou-
» dain de ses couches, ce qui ne lui a permis
» d'acquérir, en coulant de part et d'autre, qu'une
» étendue très limitée en largeur; et si on doit
» admettre une théorie quelconque, nous ne
» concevons pas comment l'origine d'une masse
» si singulièrement disproportionnée peut être
» expliquée d'aucune autre manière. La régularité
» de son contour, sa continuité, et particulière-

» ment sa direction presque en ligne droite, sont
 » contraires à l'idée de la regarder comme le ré-
 » sultat d'éruptions successives, et viennent à l'ap-
 » pui de l'opinion que nous venons d'exprimer re-
 » lativement à son origine (1). »

Cette masse ayant une longueur de 130 milles (environ 21 myriamètres ou 45 lieues), une largeur moyenne de 3 milles (plus de 5000 mètres) et s'élevant moyennement de plus de 250 pieds (ou 75 mètres) au-dessus de la mer, dans laquelle elle s'enfonce d'une quantité inconnue, le volume de la seule partie visible de cette masse est d'environ 78,750,000,000 de mètres cubes, c'est-à-dire égal à 130 fois le volume de la coulée de 1669, l'une des plus considérables que l'Etna ait vomies; car, d'après les évaluations de l'abbé Ferrara, déjà mentionnées ci-dessus, le volume de cette dernière coulée n'est que de 600,000,000 de mètres cubes. On arrive, il est vrai, à des nombres plus considérables, en combinant les trois dimensions de quelques coulées, telles que celles de 1783 en Irlande, celles de 1775 à l'Etna; mais comme les largeurs et les épaisseurs de ces coulées rapportées par les observateurs sont les largeurs et les épaisseurs maximum, les résultats

(1) *Remarks on the mineralogy and geology of Nova Scotia*; par MM. Jackson et F. Alger, p. 59.

de ces calculs sont évidemment de beaucoup supérieurs à la réalité. M. Cordier, après avoir cubé différentes coulées, dit dans son *Essai sur la température de l'intérieur de la terre*, p. 76, qu'il se croit fondé à prendre le volume d'un kilomètre cube (1,000,000,000 de mètres cubes), comme le terme extrême du produit des éruptions considérées en général. Ce terme extrême ne serait encore que le 78^e du volume de la partie visible de la masse trappéenne de la Nouvelle-Ecosse. Si cette masse était amoncelée en forme de cône sur une base circulaire égale à la base inférieure de tout le massif de l'Etna, base dont le rayon mesuré sur la carte de Smyth est d'environ 20,000 mètres, le cône qu'elle formerait aurait, près de 200 mètres de hauteur, ce qui montre que son volume est comparable, non à celui d'une coulée unique de l'Etna, mais à celui de la totalité des déjections, qui, depuis un laps de plusieurs milliers d'années, sont venues recouvrir les assises d'un caractère différent, dans lesquelles est ouvert le val del Bove. Comment donc pourrait-on supposer que cette masse trappéenne, au lieu d'être, comme l'admettent les auteurs qui l'ont décrite, le résultat d'un épanchement opéré d'un seul coup par une énorme grevasse, serait un simple reste d'un ancien système volcanique, comparable à l'Etna moderne? N'est-il pas, au contraire, évi-

dent, d'après ce seul exemple, que, dans la série des phénomènes dont les basaltes et les trapps sont le produit, il y en a eu qui, à certains égards, ont différé d'une manière complète des phénomènes volcaniques actuels?

Dans cette série, les basaltes du Cantal appartiennent à des termes qui s'éloignent déjà sensiblement des basaltes les plus récents, d'où il résulte nécessairement que leur mode d'émission doit avoir différé notablement de celui des laves de nos volcans d'aujourd'hui. Si donc le mode d'émission des laves actuelles se trouvait être seul en possession de produire directement de hautes montagnes coniques, le mode d'émission des basaltes du Cantal se trouverait n'avoir aucun rapport direct avec la forme conique actuelle du massif dont ils font partie.

Or c'est là précisément ce que nous indique un coup d'œil général jeté sur l'ensemble des masses trachytiques, basaltiques et trappéennes, répandues sur la surface du globe. Une remarque analogue a déjà été faite par M. Daubeny.

Dans les contrées où les formations basaltiques et trappéennes ont acquis le plus de développement, un examen attentif de leur gisement montre toujours qu'elles se composent d'un nombre plus ou moins grand de lambeaux, indépendans les

uns des autres, qui ne se coordonnent jamais à l'entour d'un point central et culminant avec le degré de régularité qui s'observe dans les déjections successives de nos foyers volcaniques actuels.

Les basaltes qui s'élèvent obliquement sur les flancs des massifs coniques dont nous discutons l'origine, ne jouissent, à cet égard, d'aucun privilège, et l'excellente description que M. Burat a donnée du manteau basaltique du Cantal montre qu'il se compose lui-même de nombreux épanchemens, indépendans les uns des autres, qui, si ce manteau était rabattu dans un plan horizontal, rentreraient complètement dans la règle que je viens de signaler.

Chacun de ces lambeaux indépendans les uns des autres, dont toutes les agglomérations basaltiques et trappéennes se composent, se rapproche à la vérité, par sa forme, de certaines éruptions latérales des volcans modernes, de manière à ce que son origine par voie d'éruption ne puisse être révoquée en doute; mais c'est à cela seulement que dans la grande majorité des cas se réduit toute la similitude de ces anciennes éruptions et de celles dont nous sommes les témoins.

Si en passant en revue tous les terrains basaltiques et trappéens que nous connaissons, nous mettons de côté les basaltes qui font partie des

flancs des massifs coniques, objet de la discussion, ce qui laisse toujours la très grande majorité des basaltes connus, dans le cercle de notre investigation, nous remarquerons qu'ils se divisent, ainsi que les trapps, en deux catégories, plus ou moins distinctes l'une de l'autre, savoir : 1° les basaltes et les trapps qui traversent les terrains de filons ou sous forme de dykes, ou bien en colonnes irrégulières, présentant à leur partie supérieure, au niveau du sol, un élargissement, une espèce de chapiteau en forme de champignon auquel Desmarest avait donné le nom de culot. Tels sont les basaltes des cimes de l'Erzgebirge, des environs d'Eisenach, de la côte d'Essey dans les Vosges; ces basaltes paraissent être arrivés au jour par des déchirures ou des trous de l'écorce terrestre, et les avoir seulement bouchés sans se déverser considérablement autour de leur orifice. Ils se montrent quelquefois à d'assez grandes hauteurs.

La seconde catégorie se compose des basaltes et des trapps en larges nappes continues et sensiblement horizontales, présentant fréquemment, sur leurs bords dégradés, des colonnades de prismes verticaux. Celles de ces nappes qui ne présentent aucune trace de dérangemens considérables, se trouvent universellement à de faibles hauteurs. C'est à de faibles hauteurs que se trouvent en effet les basaltes et les trapps du Cap de

Bonne-Espérance, de Sainte-Hélène, de l'Ascension, de Gorée, des petites Antilles, des États-Unis, de la Nouvelle-Écosse, du Groënland, de l'Islande, de l'Irlande, de l'Ecosse, de l'Hindoustan, des îles de l'Archipel grec sur la côte d'Asie, de l'Italie, de la Hongrie, et les basaltes ou grandes nappes du nord de l'Allemagne (Meissner, Vogelsgebirge, Westerwald, etc., etc.). Si la mer s'élevait de la moitié de la hauteur absolue du plomb du Cantal ou de 930 mètres, ou, ce qui revient au même, si elle s'élevait au-dessus des plateaux qui lui servent de base, elle recouvrirait et même elle surpasserait de beaucoup tous les basaltes et les trapps en grandes nappes, dont on peut assurer qu'ils sont restés à peu près dans la position où la nature les avait produits primitivement. Ces grands épanchemens basaltiques et trappéens paraissent donc ne s'être généralement produits que dans des plaines ou sur des plateaux peu élevés, où ils n'ont pu que s'étendre horizontalement.

Il était si peu dans la nature propre des anciennes éruptions qui s'opéraient sporadiquement sur des surfaces plus ou moins étendues, de produire des accumulations de forme conique, que même lorsque leurs produits ont été privés presque complètement de la faculté de s'étendre et de s'affaïsser en coulant, elles n'ont produit que

des masses tuberculeuses bien éloignées de présenter le profil régulier qui caractérise ce qu'on appelle les cratères de soulèvement.

Les phonolithes, les domites, et même les trachytes sont souvent sortis, comme les mélaphyres, les serpentines et les porphyres rouges, dans un état presque solide ou très pâteux; et lorsqu'il n'y a eu qu'une seule éruption isolée, il en est résulté un dôme ou un cône comme le Gerbier-de-Jones, le Puy-de-Dôme, le Chimborazo, le Cotopaxi. Mais, lorsque des éruptions de ce genre se sont multipliées dans un espace circonscrit en nombre comparable à celui des éruptions anciennes dont l'Auvergne présente l'accumulation, elles n'ont produit que des masses tuberculeuses, sans caractère bien prononcé et sans convexité générale considérable.

Les trachytes de la Hongrie étaient certainement plus propres que ceux de l'Auvergne à produire un massif bombé vers son centre, puisqu'ils sont sortis pâteux, et se sont élevés sous forme de dômes à l'entour desquels leurs conglomérats se sont plus ou moins étendus; tandis que les trachytes du Mont Dore, et même souvent ceux du Cantal, sont arrivés à la surface assez liquides pour s'étendre en larges nappes, et recouvrir plus ou moins complètement les conglomérats qui au Mont Dore ne sont visibles que dans les déchi-

rures. Le basalte, encore plus fluide, tendait à faire naître une uniformité plus grande encore dans la surface des massifs de déjections anciennes de l'Auvergne. Cependant, la surface du groupe trachytique de Schemnitz, si bien décrit par M. Beudant, quoique beaucoup moins plane que celle des systèmes trappéens et basaltiques que j'ai cités précédemment, est beaucoup moins bombée que celle du Mont Dore, et même que celle du Cantal. Le dôme trachytique le plus élevé du groupe de Schemnitz est, d'après M. Beudant, le mont Szitna, qui atteint 1,045 mètres au-dessus de la mer; le mont Szitna est à environ 3 lieues ou 13,333 mètres des bords les plus rapprochés du groupe qui sont élevés d'environ 300 mètres, d'où il est aisé de calculer que, de sa cime au bord du massif, la pente générale est seulement de $3^{\circ} 12'$. Dans toutes les autres directions, la pente générale est beaucoup moindre; elle se réduit presque toujours à moins de 2° , souvent même à moins de 1° . Au Cantal, les pentes générales les plus ordinaires, qui sont en même temps les plus faibles, sont de 4° . Au Mont Dore, la pente moyenne générale est de plus de 8° .

Le fait que les terrains de trachytes et de phonolithes présentent partout des dômes accumulés les uns sur les autres; le fait que dans la grande majorité des cas les terrains basaltiques et trap-

péens ne présentent que des dykes et des nappes horizontales, sans la plus légère trace d'un cône d'éruption comparable soit au Vésuve, soit à l'Etna, soit même aux Puys de Thueys et du Tartaret, n'indiquent-ils pas évidemment que ces roches ont eu des modes d'éruption particuliers? Si chaque district, basaltique, trachytique ou trappéen, avait présenté dans l'origine un cône d'éruption, comment ces cônes auraient-ils presque toujours disparu? Ne serait-il pas naturel de présumer que la différence qui a existé entre les éruptions basaltiques, trachytiques et trappéennes et celles des volcans actuels, était de nature à y rendre moins nécessaire et plus difficile la production d'une montagne conique? Or, quelle est la circonstance qui, dans les volcans actuels, entraîne comme conséquence nécessaire, la production d'un cône d'éruption : n'est-ce pas le rôle prépondérant qu'y jouent les dégagemens de substances gazeuses?

Les substances gazeuses ont certainement joué un rôle dans les éruptions basaltiques et trappéennes. Le fait que les dykes basaltiques et trappéens sont presque toujours bulleux près de leurs parois, celui que les nappes basaltiques le sont de même près de leur surface inférieure et supérieure, celui que les basaltes sont généralement accompagnés de scories, prouvent invinci-

blement que les basaltes et même les trapps sont arrivés à la surface du globe comme les laves de nos volcans actuels, pénétrés d'une quantité plus ou moins grande de substances gazeuses qui les rendaient comparables à une éponge liquide ; mais la quantité de ces gaz pourrait avoir été beaucoup moins grande dans le cas des basaltes et des trapps, leur rôle pourrait avoir été moins prépondérant que dans les volcans modernes.

Si on admettait cette supposition, on concevrait immédiatement que les gaz étant le principal agent qui élargit et tient ouvertes les cheminées de nos volcans, les basaltes n'ont pas eu la même tendance que les laves de nos jours à sortir toujours par une même cheminée, et à élever autour d'elle une haute montagne conique. Ce n'est que parce qu'un volcan est une espèce de machine à vapeur, qu'il entasse autour de son orifice une masse conique de déjections. Ce sont les gaz qui empêchent la cheminée volcanique de se boucher complètement, et qui commencent par la déboucher à chaque nouvelle éruption, en projetant sous forme solide les matières qui l'obstruaient. Si une colonne de matières fondues, non mélangées de gaz, venait à s'élever dans la cheminée d'un volcan, elle la boucherait pour toujours, et elle obligerait les feux souterr-

rains à se frayer un nouveau canal après d'horribles convulsions.

Si on admettait que dans les éruptions basaltiques et trappéennes, les substances gazeuses ont joué un moins grand rôle que dans les éruptions des volcans actuels, on concevrait immédiatement que par suite de la même circonstance il a été naturel aux basaltes de se faire jour en une multitude de points isolés, en brisant et en soulevant quelquefois le sol préexistant, comme cela a eu lieu au Meissner; que par conséquent il est tout simple que la plupart des terrains basaltiques et trappéens ne présentent pas des cônes, et soit répandus par lambeaux dans des contrées plus ou moins unies. On concevrait aussi pourquoi ils ne se sont généralement épanchés en grandes nappes que dans les contrées peu élevées.

Il est rare que dans les volcans actuels de très grands épanchemens de lave se fassent à de grandes hauteurs. M. Boussingault a définitivement constaté que les grands volcans de l'équateur n'ont jamais répandu de coulées de laves sur les plateaux élevés de Quito et de la Nouvelle-Grenade, et encore moins sur leurs propres flancs. Si dans les éruptions basaltiques la force élastique des substances gazeuses a joué un rôle moins énergique, on conçoit tout de suite qu'à cette époque les

grands épanchemens ont dû être encore plus rares à des hauteurs considérables; si des ouvertures se sont faites dans des parties un peu saillantes de la croûte terrestre, le basalte n'a dû faire en général que les remplir sans s'épancher en grande quantité par leur orifice, et que les grands épanchemens basaltiques n'ont dû se faire que sur les parties basses de l'écorce terrestre.

Si les substances gazeuses avaient été moins abondantes lors des éruptions basaltiques, on concevrait encore que les basaltes, moins pénétrés de gaz que les laves, étant par cela seul plus denses, et devant en même temps conserver plus longtemps leur fluidité, attendu que le dégagement d'un grand volume de gaz est nécessairement pour les laves actuelles une cause puissante et rapide de refroidissement, les basaltes ont eu bien moins de facilité que les laves à se fixer sur des pentes, et bien plus de facilité, au contraire, à gagner en totalité les lieux bas où ils sont arrivés encore très chauds, et où ils se sont solidifiés par un repos prolongé.

La supposition que les fluides élastiques auraient joué un rôle moins considérable dans les éruptions anciennes (basaltiques et trachytiques) que dans les éruptions modernes, aurait sans doute pour effet de rendre moins décisive la partie de la dissemblance entre les laves et les nappes

d'anciennes matières volcaniques , qui consiste dans la différence de cellulosité; mais elle laisserait subsister, ainsi que je l'ai déjà indiqué, la partie principale de cette différence, celle qui résulte de la présence ou de l'absence de traces de mouvement, et elle entraînerait en même temps des conséquences difficiles à concilier avec l'idée d'expliquer la forme des cônes revêtus de basalte, sans avoir recours à l'hypothèse d'un soulèvement. Si on admet que les fluides élastiques n'ont pas joué dans la production de ces cônes le même rôle dans les volcans actuels, on attaque dans sa base l'explication qu'on voudrait donner de leur forme conique, et on exclut toute idée d'analogie entre eux et le Vésuve ou l'Etna; et si, pour conserver une raison suffisante de la forme conique, on admet qu'à l'époque trachytique et basaltique, les dégagemens de fluides élastiques jouaient le même rôle que dans les éruptions actuelles, on laisse dans sa plus grande netteté l'argument tiré de l'opposition qui existe entre l'uniformité des basaltes du Cantal et l'hétérogénéité des laves basaltiques qui sur les flancs de l'Etna couvrent des pentes du même ordre.

Je suis bien loin de regarder comme à l'abri de toute objection la supposition qu'une différence plus ou moins grande, dans la quantité des flui-

des élastiques dégagés, aurait constitué la principale différence entre les éruptions basaltiques et trappéennes et celles des volcans actuels. Je n'ai présenté cette hypothèse que comme un moyen de mieux faire sentir l'importance de considérer d'un seul coup d'œil, l'ensemble des gisemens des basaltes et des trapps, si abondamment répandus sur toute la surface du globe. Je ne doute pas que le mode d'émission de ces roches ne soit pendant long-temps encore un sujet de discussion; mais, au milieu de ces discussions, deux choses resteront évidentes : la première, qui se manifeste par la simple comparaison des niveaux, consiste en ce que les nappes basaltiques qui s'élèvent obliquement sur les flans de ces massifs coniques, dont l'origine est en discussion, ne sont pas moins anormales par le fait de l'élévation absolue qu'elles atteignent, que par celui de l'obliquité avec laquelle elles y parviennent; la seconde consiste en ce qu'il y a eu de grandes différences entre le mode d'émission de matières fondues qui ont pris également la compacité basaltique (témoins les trapps de la Nouvelle-Écosse, comparés aux coulées de Tueys et du Tartaret), en ce que, par conséquent, on doit chercher la cause de cette compacité, non dans le mode d'émission de ces matières fondues, mais dans leur mode de solidification. Or, l'hypothèse du soulè-

vement des nappes basaltiques inclinées répond à la fois à ces deux observations fondamentales.

Si un rabattement pareil à celui que j'ai supposé précédemment, au Cantal, au Mont Dore, et au Mezenc, était opéré en même temps dans tous les autres cônes, revêtus aussi de nappes basaltiques, tels que ceux de Palma, de Ténériffe, de la grande Canarie, et si la position rabattue des basaltes qui les couvrent était considérée comme leur position initiale, l'anomalie de la hauteur absolue de ces basaltes disparaîtrait avec celle de leur obliquité, et tout l'ensemble de la grande formation basaltique et trappéenne se trouverait ramené à une position tellement simple, que le commencement de théorie nécessaire pour rendre compte de cette uniformité de structure de chaque coulée, qui en forme pour ainsi dire le cachet, se présenterait avec une extrême simplicité. Il se réduirait, en effet, à dire que, malgré l'évidente diversité du mode d'émission des différentes masses de ces roches, chaque coulée a pris une texture uniforme, parce que, d'après la position horizontale dans laquelle nous les avons toutes réplacées, chacune d'elles a dû se solidifier avec la même tranquillité et la même uniformité que les parties qui se sont refroidies sans aucun trouble possible dans les ouvertures des dykes ou filons.

L'extrême simplicité de ce premier aperçu théorique, qui laisse le champ libre à toutes les spéculations ultérieures sur le mode d'émission des basaltes et des trapps, me semble équivaloir presque à une démonstration de son exactitude; et comme il ne devient admissible que par suite de la position uniforme dans laquelle le rabattement supposé a remplacé tous les basaltes, son admission entraîne, comme conséquence nécessaire, l'hypothèse du soulèvement après coup de tous les cônes revêtus de basalte.

Si on pouvait parvenir à prouver que le manteau basaltique, soit du Cantal, soit de Palma, soit de l'une quelconque de ces montagnes coniques dont on discute l'origine, a été formé dans sa situation inclinée actuelle, cette simplicité disparaîtrait de la science, sans être remplacée par une simplification équivalente dans aucune autre partie des théories géologiques; car, d'après ce qui a été dit plus haut, il ne saurait en résulter que toutes les substances fondues qui sont sorties du sein de la terre aient été vomies exactement de la même manière que nos laves de nos volcans modernes, et qu'il n'y ait jamais eu, sur la terre, qu'un seul mode d'éruption. Si, au contraire, on admet les diverses considérations auxquelles nous avons été conduits, on arrive à conclure qu'il n'y a, sur la terre, de montagnes coniques

considérables que celles qui sont dues à de grands dégagemens de fluides élastiques, et celles qui sont dues à des soulèvemens; ce qui explique l'existence de toutes les aspérités de notre globe, par la seule intervention des agens mécaniques dont l'existence nous est démontrée.

La simplicité de ces résultats présente une harmonie aussi remarquable que naturelle avec celle qui a été introduite dans la théorie des montagnes couvertes de restes marins, lorsqu'on a substitué l'hypothèse de leur soulèvement à celle de l'abaissement progressif du niveau des mers, et aux autres échafaudages des anciens géologues. L'hypothèse du soulèvement des basaltes se rattache, au reste, à celle du soulèvement des couches déposées dans la mer depuis que MM. Webb et Berthelot ont recueilli, à la grande Canarie, des coquilles marines dans le terrain basaltique. M. Webb dit, en effet, dans sa Notice générale sur la géologie des îles Canaries, que, « dans le voisinage de » la ville de las Palmas, on trouve une couche » inter-basaltique qui contient une infinité de » cardiums et d'autres coquilles marines. » (Voyez *Annales des sciences et de l'industrie du Midi de la France*, t. III, p. 203.) MM. Berthelot et Webb ont bien voulu me montrer ces coquilles dans leur importante collection, et je tiens d'eux-

mêmes qu'elles ont été prises à une hauteur de 5 à 600 pieds au-dessus de la mer.

L'observation de MM. Webb et Berthelot présente, sous d'autres rapports, un genre d'intérêt que je ne puis passer sous silence. Elle prouve qu'une partie au moins des basaltes de la grande Canarie ont coulé sous les eaux de la mer. D'un autre côté, le fait que les basaltes superficiels de l'Auvergne ont coulé sur un sol continental habité par les hyènes, les rhinocéros, les cerfs et les autres quadrupèdes de la période antédiluvienne, se trouve, depuis les recherches de MM. l'abbé Croizet, Jobert et Bertrand de Doue, au nombre des vérités les mieux établies de la géologie ; et comme les basaltes de la grande Canarie et ceux de l'Auvergne ne présentent que d'assez légères différences, on voit que la circonstance de couler à l'air libre ou sous les eaux ne produit, dans la forme que prennent les matières volcaniques, que des effets peu sensibles et infiniment moins prononcés que ceux qui résultent de l'influence du repos ou du mouvement de la matière au moment de sa solidification.

La théorie des cratères de soulèvement se réduit, en dernière analyse, à reconnaître la formation des vallées d'élévation dans des contrées antérieurement volcanisées. On doit nécessairement admettre en principe que de pareilles val-

lées doivent exister, à moins qu'on ne suppose que les parties de l'écorce terrestre sur lesquelles des nappes basaltiques se sont étendues, ont acquis par là le privilège d'échapper à l'action des forces perturbatrices dont personne ne refuse plus de reconnaître les traces, dans les points que d'anciennes mers ont recouverts de leurs sédiments. Il me semble même qu'*à priori*, la production de ces vallées est en elle-même plus probable, en même temps qu'elle est plus facile à calculer, ainsi que M. Boblaye l'a fait remarquer, dans les points où la croûte du globe avait été préalablement tourmentée par les feux volcaniques, que dans ceux où un repos prolongé lui avait permis de se consolider complètement. Cependant on nie cette plus grande probabilité; on dit que la production d'un soulèvement, au milieu d'un ancien épanchement volcanique, est un fait improbable. Tel est le point de départ de la seconde des trois objections principales dont j'ai parlé.

On appuie spécialement cette seconde objection sur ce que, dans le Cantal et même peut-être dans tous les cratères de soulèvement, ou au moins dans tous ceux de l'Auvergne, l'épaisseur visible des matières volcaniques paraît être plus petite dans les parties qui se rapprochent des bords de l'espace disloqué, qu'elle ne l'est dans les parties les plus voisines du centre de dislocation. On

trouve bizarre de supposer que les matières vomies du sein de la terre se sont accumulées d'abord dans des bassins, et que c'est précisément près du centre, plutôt que vers les bords, ou même à l'extérieur de ces anciens bassins, que les forces soulevantes ont fait sentir leur action de la manière la plus prononcée. On dit qu'une pareille rencontre, si elle est possible, ne peut être que fortuite, et que par conséquent elle est en elle-même improbable.

A cela je répondrai premièrement : que tout conduit à supposer qu'à l'époque où commencèrent en Auvergne les plus anciennes éruptions volcaniques, il devait y exister des dépressions, et que c'est près de ces dépressions que les éruptions devaient le plus probablement avoir lieu ;

Secondement, que l'effet le plus immédiat de ces éruptions a dû être de combler les dépressions dont il s'agit ;

Troisièmement ; qu'un examen attentif des anciennes accumulations volcaniques de l'Auvergne montre qu'en effet elles se sont amoncelées dans des dépressions préexistantes ;

Quatrièmement, enfin, que si, après les éruptions, le sol de l'Auvergne était venu à être disloqué, les points où les éruptions avaient eu lieu précédemment devaient céder de préférence, et que cette coïncidence était rendue encore plus

nécessaire par la circonstance que les éruptions avaient eu lieu dans des dépressions;

D'où il résultera que la coïncidence dont il s'agit était si loin d'être improbable, qu'il serait au contraire singulier qu'elle ne se fût pas présentée.

Le sol de l'Auvergne a cessé de très bonne heure d'être plat et uni. Ainsi que M. Dufrénoy l'a déjà fait remarquer, des dépôts houillers, des dépôts lacustres, des dépôts d'alluvion, s'y sont amoncelés à diverses époques, sur d'énormes épaisseurs, dans des dépressions plus ou moins circonscrites. L'uniformité que le sol de l'Auvergne nous présente aujourd'hui dans une partie de son étendue n'aurait pu, à aucune époque, s'étendre à tout son ensemble, sans constituer dans son histoire générale une circonstance exceptionnelle. Pourquoi, à l'époque des premières éruptions trachytiques, le sol de l'Auvergne se serait-il trouvé en entier dans cet état exceptionnel? pourquoi n'aurait-il pas présenté des inégalités du même ordre que celles qu'il avait présentées auparavant, qu'il a présentées depuis, qu'il présente même encore de nos jours, où les vallées de la Loire, de l'Allier, de la Dordogne, de la Sioule, y forment des sillons très profonds?

Il est donc naturel de penser que diverses dépressions existaient dans le sol de l'Auvergne

à l'époque où la matière des éruptions trachytiques et basaltiques s'élaborait dans les laboratoires intérieurs.

Ces dépressions, comme les inégalités du sol actuel, devaient se rattacher plus ou moins directement à des dislocations antérieures de l'écorce terrestre. Or il est notoire que toutes les fois que les forces volcaniques se font jour jusqu'à la surface du globe, elles choisissent de préférence les fractures préexistantes, et se placent vers la ligne de jonction des parties basses et des parties déjà soulevées. La chaîne des Puys, la double chaîne des volcans de Quito, présentent des exceptions à cette règle; mais ce sont des exceptions, et c'est parce que la règle existe que la plupart des terrains volcaniques sont situés, soit dans le voisinage de la mer, soit du moins au pied des chaînes de montagnes.

Si donc le sol de l'Auvergne présentait des dépressions à l'époque où commencèrent les éruptions trachytiques et basaltiques, c'est dans ces dépressions ou sur leurs bords qu'elles ont dû le plus probablement avoir lieu, et leur effet naturel a dû être de commencer par les approfondir encore davantage, en projetant, en entraînant leur fond; et de les remplir ensuite de leurs produits amoncelés.

Ce que je ne viens de présenter d'abord que

comme un enchaînement de conjectures probables, s'est effectivement réalisé dans un des points de la France centrale les plus justement célèbres par les observations géologiques qui y ont été faites. Je laisse d'abord parler à cet égard Dolomieu, qui s'exprimait de la manière suivante, dans une note jointe au rapport qu'il fit à l'Institut national, sur ses voyages de l'an V et de l'an VI. (Voyez *Journal des mines*, t. VII, p. 412.)

« Le bassin au milieu duquel s'élèvent isolément, le mont Corneille, sous les flancs duquel est située la ville du Puy (Haute-Loire), et le mont Saint-Michel, qui, par sa forme, ressemble à un obélisque, tous deux formés d'une brèche volcanique, dont l'agglutination peut s'être faite également par la voie sèche comme par la voie humide, ce bassin, dis-je, présente l'indication de plusieurs époques bien distinctes. »

1° et 2° Les deux premières époques indiquées par Dolomieu se rapportent à la période trachytique et à la période tertiaire dont l'ordre de succession a été depuis reconnu inverse de celui qu'il avait présumé.

« 3° Il y a eu creusement au milieu de ce remplissage (tertiaire), et le nouvel espace excavé a été occupé par des tufs volcaniques, sur lesquels reposent des cailloux roulés de différens

» genres, les uns de laves compactes et poreuses,
» semblables à celles des plateaux supérieurs (basaltes); d'autres de roches granitiques, telles
» que celle qui sert de base aux côtes voisines;
» quelques-unes de pétrosilex verts, à pâte fine,
» pareils à celui de la montagne de Pertuis, distante de deux lieues; d'autres, enfin, venant
» de plus loin, et dont en place originelle je n'ai
» point trouvé d'analogues.

» 4° Sur cet amas de matières différentes, qui
» ne s'élevait pas jusqu'aux bords de la nouvelle
» vallée, sont descendus de différens côtés des
» courans de laves, lesquels paraissent de différentes époques; car la lave prismatique (basalte)
» qui forme le sommet isolé, dit *Mont-Rognon*,
» qui repose sur la couche de cailloux roulés dont
» je viens de parler, est à un niveau beaucoup
» plus haut que les laves prismatiques (basaltes)
» dites les *orgues d'Expailly*, appartenant à un
» courant descendu de la montagne volcanique dite *la Denise*, laquelle domine l'extrémité
» supérieure de cette vallée, pendant que le *Mont-Rognon* est situé au-dessous de la ville, au
» milieu de la partie inférieure de la même vallée;
» et cette vallée n'a pu éprouver le recreusement
» qui a préparé l'espace qu'est venu occuper le
» grand courant de la Denise, sans que la partie
» inférieure en fût en même temps excavée, pour

» donner passage aux déblais, et c'est alors que
 » le Mont-Rognon a dû être façonné et séparé du
 » courant auquel il doit son sommet aplati.

» 5°. Enfin, le courant dont on suit la marche,
 » depuis le sommet de la Denise jusqu'aux orgues
 » d'Expailly, est entré dans cette vallée, pour y
 » éprouver le morcellement qui a produit le mon-
 » ticule isolé, dit *montagne de la Paille*; et tous
 » les autres monticules isolés, voisins de celui-ci,
 » qui, comme lui, sont à base de tuf, et ont un
 » sommet de lave prismatique (basalte) analogue
 » à celle qui forme les beaux prismes dont l'as-
 » semblage représente l'instrument de musique
 » dont il a pris le nom (orgues d'Expailly), et ce
 » sont évidemment ces sommets de lave qui ont
 » préservé ces monticules de l'action violente par
 » laquelle a été emporté tout ce qui les environ-
 » nait. »

Dolomieu termine cette trop courte note par
 ces lignes remarquables: « *En faisant une sem-
 » blable analyse des faits que présente la vallée
 » de Murat, au pied du Cantal, j'y trouverais
 » une succession des mêmes accidens; je les
 » trouverais semblables dans une infinité d'au-
 » tres vallées du Mont Dore.* »

Depuis trente-six ans, quelques-uns des aperçus
 de Dolomieu sur le bassin du Puy ont été rec-
 tifiés; mais la partie principale a été vérifiée et

rendue beaucoup plus précise, ainsi qu'on peut le voir dans l'ouvrage classique de M. Bertrand Roux de Doué (*Description géognostique des environs du Puy en Velay*), et dans celui de M. Burat.

M. Bertrand Roux conclut (p. 177) que le lac, sous les eaux duquel les brèches volcaniques (tufs) ont été formées, aurait eu dix lieues carrées de surface (5 lieues de long sur 2 lieues de large), et (p. 190) que ses eaux s'élevaient au moins (d'après la position des tufs les plus élevés) à 270 m. au-dessus de l'Hôtel-de-Ville du Puy, ou à 309 m. au-dessus du fond du bassin dans lequel les tufs se sont entassés; il entrevoit même la possibilité que les eaux de ce lac se soient élevées à 463 m. au-dessus du fond du bassin.

Le terrain de transport ancien, qui dans les environs de Paris, a comblé les principales inégalités de la vallée diluvienne où la Seine serpente aujourd'hui, et les a remplacées par des dépôts unis en dessus et convexes en dessous, nous offre des images en petit du genre d'accumulations qui s'est produit dans le bassin du Puy, auxquelles il ne manque, pour être complètes, que de présenter des assises régulières de roche solides.

Si on prend en considération l'analogie entrevue par l'œil perçant de Dolomieu, entre les tufs volcaniques du bassin du Puy et ceux qui jouent

un si grand rôle dans la composition du Cantal et du Mont Dore; si on remarque qu'ils alternent de même avec des assises de matières fondues; si surtout on a vérifié par ses propres yeux, ces similitudes de structure, on voit qu'il s'est formé dans le bassin du Puy une accumulation de matières volcaniques comparable par sa nature et son étendue; et qui aurait pu être presque égale en épaisseur à celles dont le Cantal, le Mont Dore et le Mezenc nous offrent les lambeaux. On voit même que si le bassin du Puy, s'étant trouvé dépourvu d'issue, les matières volcaniques avaient pu le combler à la hauteur indiquée ci-dessus, et si plus tard il s'y était opéré un soulèvement, il en serait résulté un massif qui ne différerait du Cantal que par l'absence des trachytes.

Il est donc conforme à la fois aux conjectures les plus naturelles et aux analogies les plus directes de supposer que les masses du Cantal, du Mont Dore et du Mezenc se sont accumulées primitivement dans les dépressions du sol préexistant; c'est cette analogie si simple qu'il s'agit maintenant de suivre, de discuter et de vérifier.

Dans l'état démantelé où sont aujourd'hui les quatre grands massifs de déjections anciennes de l'Auvergne (ceux du Cantal, du Mont Dore, du Mezenc et du Puy), nous y reconnaissons les restes de quatre masses lenticulaires, plus ou moins tu-

berculeuses, dont les bords, constamment assez minces et à peu près intacts, sont situés sensiblement dans un même plan horizontal.

La seule chose qui dans l'état actuel distingue essentiellement les accumulations des matières volcaniques qui composent le Cantal, le Mont Dore et le Mezenc, de celles qui remplissent en partie le bassin du Puy, c'est que les dernières sont terminées de tous côtés par les bords de ce même bassin, tandis que les premières se trouvent aujourd'hui placées dans une position dominante, par rapport à tout ce qui les entoure.

Il s'agit de savoir si, dans l'origine, la partie centrale des trois premières de ces lentilles se trouvait en grande partie, comme sont aujourd'hui ses débris, au-dessus du plan général de ses bords, ou bien si elle se trouvait en grande partie au-dessous dans une dépression du sol inférieur, de manière à ce que sa surface supérieure s'éloignât peu de ce même plan, comme le ferait la masse du Puy, si elle s'était complétée.

Cette question a déjà été résolue dans le paragraphe précédent, puisque nous avons reconnu que les basaltes qui forment très souvent la surface supérieure des lentilles, doivent s'être solidifiés dans une position sensiblement horizontale.

Mais ce moyen de solution n'est pas le seul qui

se présente. Il suffit, pour en trouver un autre, de rechercher par quel mécanisme les éruptions trachytiques et basaltiques auraient pu produire directement des massifs, ayant des gisemens aussi diamétralement opposés que ceux que nous comparons, et présentant, du reste, sur tous les points essentiels des caractères semblables.

On peut, en thèse générale, concevoir de deux manières différentes la formation par suite d'éruptions successives, d'un massif de déjections plus épais vers son centre que vers ses bords.

Cette plus grande épaisseur près du centre peut résulter de ce que toutes les déjections se seront déversées les unes par-dessus les autres, autour d'orifices concentrés, principalement près du centre de l'espace qu'elles ont recouvert, comme cela a lieu dans les volcans actuels.

Mais elle peut résulter aussi, comme cela a eu lieu au Puy, de ce que les déjections opérées en divers points, plus ou moins éloignés les uns des autres, auront été entraînées, par suite de l'action de la pesanteur, vers le point le plus bas d'une dépression, qu'elles auront plus ou moins exactement remplie, et dont leur accumulation aura contracté la forme renflée en dessous.

Le premier mode de formation, supposant nécessairement la concentration des éruptions dans une petite partie de la base du massif produit, est

par cela même peu en harmonie avec la nature des éruptions anciennes, dont le caractère universel a été de se produire sporadiquement, en des points assez éparpillés.

Il est certain que les trachytes et les basaltes du Cantal, du Mont Dore et du Mezenc, sont sortis, dans chacun de ces groupes, comme les basaltes aux environs de Puy, non d'un centre unique, mais d'un grand nombre d'orifices répandus sporadiquement sur toute la surface occupée par les groupes actuels; qu'elles n'ont pas été assez concentrées autour d'un centre pour rendre un compte complet de la différence d'épaisseur que présentent du centre à la circonférence les matières accumulées; d'une part, on peut reconnaître dans toute l'étendue de chaque groupe, et jusque sur ses bords, un certain nombre de ces orifices éparpillés; et de l'autre, le fait que le Cantal, le Mont Dore et le Mezenc supposés rabattus, dans le plan général de la surface de l'Auvergne, ne présentent plus, sauf les traces laissées par les vallées actuelles, aucune apparence de disposition rayonnée, prouve positivement que les éruptions ne se sont pas concentrées, comme dans les volcans actuels, autour d'une seule cheminée principale.

De plus, il est de fait que dans aucune des contrées où l'on est fondé à présumer que les éruptions

anciennes ont eu lieu, suivant leur mode sporadique habituel, sur des surfaces à peu près planes, elles n'ont produit de masses lenticulaires aussi renflées que celles dont les lambeaux s'observent en Auvergne; ou que du moins, si ces masses sont lenticulaires, elles ne sont convexes qu'en dessous, comme l'est celle du Puy, car leur surface supérieure est ou à peu près plane, ou irrégulière, sans convexité générale considérable. Ni les massifs trappéens et basaltiques de la Nouvelle Écosse, des Iles britanniques, du nord de l'Allemagne, ni même les massifs trachytiques de la Hongrie et de la Lombardie, ne présentent cette disposition renflée d'une manière aussi peu prononcée que les massifs du Cantal, du Mont Dore et du Mezenc.

On voit donc qu'en tenant compte surtout de la nature souvent très fluide des trachytes de l'Auvergne, les analogies déduites de l'observation ne conduisent nullement à concevoir que des éruptions de la nature de celles qui ont eu lieu anciennement, aient pu y produire sur une surface plane autre chose qu'une galette tuberculeuse, comparable tout au plus aux groupes trachytiques de la Hongrie, qui sont si loin de présenter le profil conique régulier du Cantal et du Mont Dore.

On chercherait vainement l'explication de la

forme lenticulaire de nos massifs dans l'abondance des déjections incohérentes d'où sont résultées les assises régulières de conglomérats, qui jouent dans leur structure un rôle si proéminent. Il est certain que lorsque des éruptions successives font naître une montagne de forme conique, ce sont en général les déjections incohérentes qui contribuent le plus à la production de cette forme; mais il est évident aussi que des éruptions éparpillées sur tout l'espace qu'elles ont recouvert, en les supposant même composées en majeure partie de débris incohérens, n'auraient eu aucune tendance à produire un massif ayant la forme simple d'un cône unique. Il n'est personne qui n'ait vu comment les vers qui rongent le bois entassent, à l'entrée de leur canal, la poussière qu'ils produisent en le creusant. Tout le monde sait qu'une planche dans laquelle se sont introduites un grand nombre de ces larves est bientôt couverte d'une multitude de petits cônes de poudre ligneuse, qui souvent se tiennent par leur base, et se confondent plus ou moins les uns avec les autres. Telle aurait été à peu près la forme de l'accumulation qu'auraient produite des éruptions de matières incohérentes opérées sporadiquement sur une surface horizontale.

Il est donc difficile d'attribuer la forme renflée des massifs de déjections anciennes de l'Auvergne

au premier des deux modes d'entassement que nous avons été conduits à considérer; voyons si le second mode présentera à cet égard des chances plus favorables.

Si on conçoit que des éruptions sporadiques, au lieu de se produire sur une surface à peu près plane, viennent à s'effectuer en partie sur le fond, en partie sur les flancs et le pourtour d'une dépression, la production d'une masse lenticulaire de déjections devient non-seulement possible, mais nécessaire. Si des éruptions opérées sporadiquement, comme l'ont été évidemment les éruptions trachytiques et basaltiques de l'Auvergne, n'avaient produit que des matières incohérentes et n'avaient pas agi sous une atmosphère susceptible d'intempéries, elles n'auraient produit, même sur les flancs d'une dépression, qu'une multitude de petits cônes plus ou moins distincts, qui auraient formé par leur réunion une surface mamelonnée; mais comme, d'une part, les eaux atmosphériques ont dû travailler constamment à niveler les déjections à mesure qu'elles se produisaient, et à les entraîner dans les parties basses; comme, d'une autre part, des matières fluides sont sorties avec les matières incohérentes, et ont dû chercher les points les plus bas; comme, enfin, les parties fluides, tout en chassant devant elles les matières incohérentes, ont dû les tenir en

partie flottantes sur leur surface, et les entraîner dans leur mouvement, l'ensemble de toutes les déjections a dû former une espèce de galette à surface plus ou moins tuberculeuse, d'une épaisseur variable, et dont le maximum devait correspondre aux points les plus bas de la surface des roches fondamentales. C'est ce qui s'est opéré en partie dans le bassin du Puy. On voit donc que dans l'hypothèse actuelle, chacune des dépressions que présentait le sol de l'Auvergne a dû se trouver remplacée par une accumulation de matières volcaniques dont la surface, soit encore concave, soit plane dans son ensemble, soit légèrement bombée, aura présenté les rapports que la nature des roches devait faire prévoir à l'avance avec celles des contrées où des roches du même genre, épanchées à peu près à la même époque, n'ont éprouvé depuis lors que de faibles dérangemens, et dont la forme renflée sera néanmoins en rapport avec les circonstances qui s'observent actuellement.

Mais indépendamment de ces considérations générales qui rendent plus probable que toute autre la supposition que les éruptions trachytiques et basaltiques qui ont formé les massifs du Cantal, du Mont Dore et du Mezenc se sont déversées originairement dans des dépressions préexistantes, cette supposition entraîne avec elle des consé-

quences qui sont susceptibles d'être soumises au contrôle d'observations directes.

Suivant que les déjections dont nos masses lenticulaires se composent, auront été accumulées primitivement au-dessous du plan de leurs bords extérieurs dans des dépressions du sol préexistant, ou bien au-dessus de ce plan, c'est-à-dire dans la position actuelle de leurs débris, les matières qui les composent auront eu à subir un mode de transport diamétralement opposé. Dans le premier cas, celles des matières vomies du sein de la terre qui ne sont pas restées en place auront été transportées de la circonférence vers le centre, suivant les sections méridiennes de la partie encore subsistante du bassin qu'elles remplissaient graduellement. Dans le second cas elles auront été transportées du centre vers la circonférence, suivant la section méridienne de la masse conique qui s'élevait graduellement. Dans ce dernier cas, le mode d'accumulation des matières vomies aura dû ressembler à celui qui s'opère sur les flancs des volcans actuels; dans le premier, il aura dû être soumis à des lois particulières qu'il s'agit d'abord d'établir.

La première de ces lois consiste en ce que les assises superposées dont la masse lenticulaire se compose doivent être plus nombreuses et plus régulières vers le point le plus épais de la lentille

qui a dû correspondre au point le plus profond du bassin, point vers lequel chaque éruption, de quelque côté qu'elle se soit faite, a dû généralement envoyer son tribut, et où les matières se sont entassées dans une position plus exactement horizontale.

Cette loi s'applique également aux matières incohérentes et aux matières fondues; mais il est évident que les matières fondues auront dû avoir plus de facilité que les matières incohérentes à gagner le centre de la dépression, par la même raison qui fait que ce sont les matières incohérentes qui de nos jours s'accumulent le plus à l'entour des cratères d'éruption, tandis que les coulées de laves se déversent au loin. De là, il résulte que vers le centre de nos lentilles formées dans des bassins, les matières de fusion devront jouer un rôle relatif plus considérable dans la partie centrale et la plus épaisse, que dans les parties extérieures.

Enfin, on peut signaler une troisième loi qui n'est relative qu'aux matières de fusion. Dans le cas de l'accumulation dans des bassins, ces matières auront dû couler, de la circonférence vers le centre, sur des pentes qui seront devenues de plus en plus faibles à mesure que le bassin se remplissait; qui dans la plupart des cas auront pu être trop faibles pour imprimer à toutes leurs parties ces caractères

dynamiques dont nous nous sommes occupés précédemment, mais qui cependant n'auront pas dû être tout-à-fait sans influence sur la forme générale des coulées.

Un niveau à bulle d'air n'est pas le seul instrument qui, placé sur un plan presque horizontal, puisse en manifester l'inclinaison. Une outre qui ne contiendrait qu'une petite quantité de liquide rendrait, quoique avec moins de précision, un service du même genre. Le liquide se porterait vers la partie de l'outre qui correspondrait à la partie la plus basse du plan sur lequel elle serait posée, et la distendrait plus que toutes les autres. Il arrive en partie par les mêmes causes que dans une goutte de liquide qui coule sur un plan légèrement incliné, qu'elle mouille avec difficulté, la portion de la surface qui est tournée du côté de la déclivité est plus gonflée que toutes les autres. De là il résulte que si des gouttes de résine, de cire ou de chandelle sont tombées sur une table inclinée, et s'y sont refroidies tranquillement, la forme de leur surface indique ensuite dans quel sens la table était inclinée lorsqu'elles s'y sont solidifiées. C'est aussi par l'effet des mêmes causes que les laitiers qui coulent sur la dame d'un haut-fourneau forment une masse plus épaisse vers le bas de la dame que vers sa partie supérieure. Il suffit d'avoir parcouru des yeux quelques-unes de ces

collines de laitiers, qu'on a fini par former en y traînant jour par jour, depuis des siècles, les produits stériles d'un même haut-fourneau, pour savoir que cette loi est générale, et que ses effets sont des plus marqués. Les circonstances physiques dont ce phénomène est le résultat sont d'une nature trop générale pour que les matières volcaniques puissent y échapper. Une lave recouverte d'une croûte solidifiée par le contact de l'air peut être comparée à une outre remplie de liquide; la partie encore liquide de la lave distend et tient gonflée la pellicule solide vers la partie inférieure de la coulée, tandis que cette pellicule est flasque et ridée vers la partie supérieure que la matière liquide a en partie abandonnée. C'est par suite de cette circonstance que dans les volcans actuels les coulées s'épaississent et s'élargissent généralement en s'éloignant de leur point de sortie, à moins que cette tendance ne soit contrariée par la forme du terrain qu'elles parcourent; d'où il résulte que dans leur ensemble elles présentent ordinairement la forme d'une larme. Cette disposition se manifeste généralement dans les coulées de l'Auvergne, notamment dans celles de Louchadière, du Tartaret, de Thueys, etc., etc. Les différences qui doivent avoir existé entre les modes d'émission des laves, des basaltes et des trachytes ne peuvent avoir empêché cette loi de

produire son effet. Il est évident que si une matière fondue, homogène, a conservé loin de son point de sortie la faculté de s'étendre en nappes plus ou moins minces, elle a dû posséder cette faculté à un plus haut degré encore près du point d'éruption; et que, par conséquent, quelque faible qu'ait été la pente qu'elle a suivie, pourvu que cette pente n'ait pas été tout-à-fait nulle, la nappe formée a dû être plus épaisse au bas de la pente que vers le haut, et a dû être plus épaisse encore dans les parties planes, qu'elle a pu rencontrer vers la fin de sa course. On pourrait sans doute concevoir tel mode de sortie d'une matière pâteuse qui produirait un résultat inverse, mais un pareil résultat ne saurait être le cas général; et si, en considérant un ensemble de coulées, on les voit s'amincir généralement dans une certaine direction, et s'épaissir dans une autre, on peut être certain que le côté vers lequel les coulées s'amincissent est le plus voisin de leur point de sortie, et que le côté vers lequel elles s'épaississent en est le plus éloigné.

De là il résulte que dans le cas de la formation d'un massif lenticulaire de déjections, par le comblement d'un bassin, l'épaisseur moyenne des coulées doit généralement être plus grande dans la partie la plus épaisse de la lentille qui a ré-

pondu dans l'origine au point le plus bas de la dépression.

Les assises de la formation gypseuse des environs de Paris qui deviennent à la fois plus nombreuses, plus régulières et plus épaisses vers le centre de l'espace qu'elles occupent, présentent une image assez exacte des dispositions que je viens d'indiquer. Il est certain que les causes de cette disposition sont en partie très différentes de celles qui ont pu agir dans les bassins où se seraient accumulés les produits des anciennes éruptions de la France centrale; mais il est cependant évident que la forme lenticulaire des assises gypseuses des environs de Paris est due elle-même à la forme du fond qu'elles sont venues recouvrir. L'extrême uniformité que présentent à leur partie supérieure les bancs dits à cythérées, ne permet pas de douter que ces bancs ne se soient déposés sous une profondeur d'eau sensiblement constante, et par conséquent dans une position presque exactement horizontale.

Les trois lois que nous venons de constater sont en partie inverses des lois correspondantes, qui s'observeraient dans la formation d'un massif lenticulaire ou conique, par une suite de déjections opérées autour d'un point central; ici les assises seraient à la vérité plus nombreuses près du centre; mais elles y seraient moins régulières, et

les assises de matières fondues y seraient généralement moins épaisses, tandis que ce serait l'inverse pour les matières incohérentes qui joueraient un rôle plus dominant vers le centre que vers les bords.

Dans la série de ces moyens de distinction, on ne doit pas oublier celui que nous avons indiqué, M. Dufrénoy et moi, dans notre premier mémoire, où nous disions, p. 9 (*Annales des mines*, 3^e série, t. III, p. 537) : « L'analogie qu'on a cru » trouver entre les alternations de tufs et de laves » qui s'étendent de la cime à la base d'un cône » d'éruption, et les alternations de basalte solide » et de tufs que peut présenter un cône dont la » surface est formée par des nappes basaltiques » inclinées..... disparaît d'elle-même, si, au lieu » de comparer deux coupes passant par le point » central, on compare deux coupes faites par les » cylindres verticaux, concentriques aux axes des » deux montagnes appartenant aux deux classes » dont il s'agit. Dans la coupe ainsi obtenue, dans » le cône revêtu de basalte, on verra les assises » successives de basalte et de tuf se terminer par » de longues lignes à très peu près parallèles et » horizontales (on peut entendre autant relativement » aux nappes trachytiques). Dans la coupe fournie » par le cône d'éruption, chaque coulée de lave » ne présentera au contraire qu'une section isolée,

» peu étendue, et les sections des différentes cou-
» lées seront disposées irrégulièrement au milieu
» de la masse générale des tufs dus aux déjections
» incohérentes. »

Toutes ces différences une fois bien comprises en ce qu'elles ont de général et de nécessaire, il suffit d'avoir parcouru les flancs du Mont-Dore et du Cantal, et les plateaux qui les environnent, d'avoir promené un œil attentif sur leurs divers arrachemens, pour savoir auquel de nos deux modes d'accumulation correspond la structure de ces deux masses lenticulaires.

N'est-il pas certain que dans les deux massifs toutes les assises sont non-seulement plus nombreuses, mais aussi plus régulières vers la partie centrale et la plus épaisse ? N'est-il pas certain que dans ces parties centrales et les plus épaisses on voit généralement augmenter la proportion des roches de fusion ? N'est-il pas certain que vers ces parties centrales les assises de tufs et même les assises de matières fondues, présentent une étendue et une régularité qu'on ne serait pas fondé à attendre dans un cône d'éruption à une aussi petite distance du centre ? N'est-il pas certain que vers ces parties centrales l'épaisseur de ces coulées va généralement en augmentant ? N'est-il pas certain, par exemple, que lorsqu'on va des pâturages du lac Guéry ou de la cascade de Quèrelh au Puy

de Sancy, par la vallée des bains du Mont-Dore, on voit augmenter graduellement l'épaisseur de la grande assise trachytique supérieure? N'est-il pas également certain que lorsqu'on va du centre du Cantal à Salers ou à Bort, en passant par le Puy-Violent, on voit diminuer graduellement l'épaisseur des coulées supérieures de basalte, qui, très épaisses derrière le Puy Chavaroche, vont finir en s'amincissant sur la surface des plateaux extérieurs? Et n'est-il pas évident que, relativement à l'ensemble des déjections, les parties centrales et les plus épaisses de nos deux massifs ont joué bien plutôt le rôle d'un point de convergence et de réunion, que celui d'un point central d'émission? Je trouve donc dans nos deux massifs, d'une manière aussi prononcée qu'on pût être fondé à l'attendre, les caractères auxquels on peut reconnaître une masse accumulée dans un bassin, caractères diamétralement opposés à ceux qu'ils offriraient s'ils avaient été formés avec leur saillie actuelle.

Tant que ces observations, aussi décisives que simples, n'auront pas été démenties dans leur ensemble, je croirai pouvoir en conclure que ce n'est qu'en s'arrêtant à des aperçus superficiels et incomplets qu'on a pu citer la forme lenticulaire des massifs de déjections anciennes de l'Auvergne comme un argument contre l'hypothèse

de leur soulèvement. La seule structure générale de ces massifs prouve qu'ils ne peuvent avoir acquis que par un soulèvement opéré après coup la position dominante qu'ils ont aujourd'hui, par rapport à tout ce qui les entoure.

De ces observations, je conclus même que, dans l'appendice que nous avons joint, M. Dufrenoy et moi, à notre mémoire sur le Cantal et le Mont Dore, il a été surabondant de considérer le cas où, immédiatement après l'éruption des basaltes, le Cantal aurait déjà présenté un bombement égal au quart de son bombement actuel. S'il en avait été ainsi, les coulées basaltiques qui s'y sont épanchées auraient coulé en rayonnant sur une déclivité moyenne d'environ un degré; déclivité plus grande que celle de beaucoup de vallées où les coulées basaltiques ont acquis vers leur partie inférieure une épaisseur plus grande que vers leur point de départ. L'augmentation d'épaisseur qu'on observe généralement dans les nappes basaltiques en approchant du centre du Cantal, tend au contraire à prouver qu'au moment où les basaltes se sont épanchés, il existait encore des points plus bas que les plateaux environnans, et que les cimes de quelques dômes trachytiques, tels que le Puy-Marie, pouvaient seuls faire légèrement saillie au-dessus de la surface générale de la contrée.

On peut en dire autant, à peu près, pour le Mont-Dore, d'après la considération des épaisseurs des nappes trachytiques supérieures.

Ainsi, lorsque les éruptions anciennes se sont terminées en Auvergne, les dépressions du sol préexistant se trouvaient remplacées par des accumulations de matières volcaniques, qui débordaient leurs bords, et dont la surface légèrement tuberculeuse, mais presque plane dans son ensemble, pouvait être comparée à un vaste cachet de cire appliqué sur les vides résultant des anciennes fractures et des érosions du sol primordial de la contrée.

Mais, dira-t-on, la nature ayant ainsi mis, pour ainsi dire, le scellé sur les parties faibles du sol de l'Auvergne, pourquoi ces parties ont-elles éprouvé plus tard un nouveau mouvement? pourquoi chaque accumulation volcanique a-t-elle été rompue et soulevée, dans le voisinage de son centre, dans sa partie la plus épaisse? pourquoi les assises volcaniques ont-elles été rompues de préférence aux assises de calcaire d'eau douce, qui avaient rempli précédemment des dépressions non moins profondes?

Premièrement, chacune de ces espèces de cachets volcaniques était formée en partie de matières incohérentes : les parties solides étaient traversées d'une multitude de fissures verticales, dues

au refroidissement. Il n'ajoutait ainsi que peu de choses à la résistance naturelle de la base granitique, et cette base était moins épaisse là où les matières accumulées au-dessus présentaient le plus d'épaisseur.

Secondement, cette base granitique, perforée et échauffée par les éruptions de trachytes et de basaltes, puis refroidie par le laps du temps, se trouvait beaucoup plus fendillée, et par suite beaucoup moins résistante après les éruptions qu'elle ne l'était auparavant, de sorte que les parties que les éruptions trachytiques avaient déjà signalées comme les moins résistantes; devaient probablement présenter ce caractère de moindre résistance d'une manière encore plus prononcée, après les éruptions basaltiques et trachytiques, nonobstant le poids et la cohérence plus ou moins grande de la masse qui les recouvrait. La base granitique de tout le système, pressée plus tard par un effort souterrain qui aurait tendu à l'élever, aurait pu sans doute ne faire que s'élever en masse, sans se crever en aucun point; mais si quelques points devaient céder, les anciens points d'éruption, et par conséquent les emplacemens des bassins comblés, se trouvaient en quelque sorte les premiers inscrits, et on ne voit pas ce qui aurait pu les empêcher de maintenir leur ancien privilège; ils n'avaient fait à chaque éruption qu'y acquérir de nouveaux

droits. Si on s'étonnait de ce résultat, on devrait s'étonner aussi qu'une digue soutenue par des pilotis livrés pendant long-temps à l'action des tarets, vint à céder à l'action des vagues, précisément dans sa partie la plus vermoulue.

On voit donc qu'il est non-seulement naturel, mais nécessaire, d'admettre qu'au moment où les premières éruptions volcaniques ont commencé en Auvergne, il s'y trouvait des dépressions considérables, et que la coïncidence plus ou moins exacte de ces dépressions du sol primordial; des points où les premières éruptions de trachytes se sont fait jour; de ceux où les accumulations de matières volcaniques ont acquis le plus d'épaisseur; de ceux, enfin, qu'un grand effort souterrain a fait céder de préférence, loin de constituer une invraisemblance, présente au contraire une vérification des conjectures qu'il serait le plus naturel de faire *à priori* sur la manière dont ces phénomènes successifs se sont enchaînés.

Il est toutefois évident que les lois qui déterminent cet enchaînement ne sont pas assez absolues pour avoir exclu toute exception; aussi voyons-nous que le bassin du Puy n'a pas été rompu et soulevé dans son centre, comme l'ont été les trois autres; l'exception dont il a été l'objet s'explique naturellement, lorsqu'on remarque que les éruptions y ont été moins abondantes et moins

nombreuses, et qu'il ne s'y est produit que des éruptions basaltiques, moins propres que les éruptions trachytiques à disloquer le sol fondamental.

On pourrait aussi considérer comme des anomalies à la loi générale les soulèvements qui se seraient produits au dehors des bassins comblés. Ces anomalies ne sont probablement pas sans exemple; seulement elles paraissent ne s'être réalisées que sur une échelle plus petite. On pourrait en effet considérer les traces de dérangement que M. Burat, dans son ouvrage sur les volcans de la France centrale, a indiqués dans le granite, autour du volcan du Pal et du suc d'Esteil, et le bombement longitudinal que l'examen du lambeau basaltique de Prudellès m'a conduit à supposer dans le granite qui sert de base à la chaîne des puy, comme autant d'exemples de la circonstance exceptionnelle dont il s'agit.

Les objections qui ont été faites contre les idées émises par M. Burat, sur la première de ces localités, tendraient à faire disparaître une de ces anomalies; mais ici la règle générale n'a pas besoin d'être confirmée par des exceptions; de sorte que, quand même les objections dont il s'agit seraient fondées, elles demeureraient étrangères à la question qui nous occupe.

Si l'examen des assises de matières fondues qui entrent dans la composition du Cantal prouve

que la situation dans laquelle on les observe aujourd'hui ne peut pas avoir été leur position originnaire; si des observations directes et péremptoires montrent que les phénomènes de fusion, d'éruption et de consolidation sont insuffisans pour rendre raison de la forme générale de ce massif; si les circonstances qui, au premier abord, pouvaient avoir l'air de rendre improbable l'hypothèse d'un soulèvement survenu après coup dans son centre, tendent au contraire à fournir une vérification, le fait du soulèvement du Cantal se trouve établi sur des fondemens aussi solides qu'aucun autre des faits que la géologie a réussi à constater.

Cependant, comme l'attention la plus scrupuleuse ne peut mettre le géologue à l'abri de toutes les sources d'illusions, comme, par suite, les conclusions qu'on peut tirer à l'égard de faits aussi éloignés que nous de ceux dont la géologie s'occupe, ne peuvent jamais être considérées que comme des probabilités plus ou moins grandes; il n'est jamais inutile de chercher à contrôler ces conclusions en examinant si elles n'impliqueraient pas des conséquences absurdes.

Aucun genre de phénomènes géologiques n'est plus susceptible d'un pareil contrôle que celui d'un soulèvement qui n'aurait disloqué qu'une petite étendue de la croûte terrestre. Les fractures

qu'un pareil phénomène a pu produire sont nécessairement assujetties à de certaines conditions géométriques, et, si ces conditions ne se trouvaient pas remplies, la supposition d'un phénomène de rupture deviendrait inadmissible, et les formes du massif dont l'hypothèse du soulèvement était destinée à rendre compte, resteraient provisoirement au nombre des faits inexpliqués.

On allègue, en effet, que le massif du Cantal, dont nous concluons que la forme actuelle doit être due à un soulèvement, présente dans sa structure et dans la disposition de ses diverses parties, non-seulement de grandes irrégularités qu'il était facile de prévoir d'avance, mais encore des circonstances dont l'hypothèse du soulèvement doit rendre compte, et qui, dit-on, lui sont tellement contradictoires, qu'elles constituent non plus une simple invraisemblance, mais une véritable impossibilité; c'est sur ce point que roule la dernière des trois objections auxquelles j'ai principalement à répondre.

Cette objection se déduit de ce que plusieurs des vallées du Cantal ne pénètrent pas sans interruption jusque dans la grande enceinte circulaire du centre.

En admettant l'entière exactitude des faits sur lesquels cette objection s'appuie, elle n'aurait une véritable importance qu'autant que ces mêmes

faits seraient réellement en contradiction avec toutes les dispositions que le phénomène mécanique supposé est susceptible de produire. Or, il n'en est pas ainsi; cette objection ne s'adresse véritablement qu'à la comparaison que nous avons établie dans notre premier mémoire, entre le déchirement d'une galette basaltique qui tend à se soulever dans son centre, et la fracture d'une bouteille étoilée par un choc léger. Mais cette comparaison qu'on a souvent répétée après nous, à cause de la simplicité de l'image qu'elle présente à l'esprit, n'était destinée qu'à faire comprendre la forme générale de notre idée. Elle ne constitue pas même le point de départ de nos calculs approximatifs, dans lesquels nous portons au contraire la considération d'un cône où le soulèvement n'aurait produit que des fissures imperceptibles en nombre infini. Dans nos résultats, la disposition effective des fractures, dont la cohérence variable des masses tend toujours à limiter le nombre, reste absolument indéterminée. Nous avons fait remarquer que les fentes primitives, dont le calcul exprime la somme totale, peuvent être discontinues dans le sens de la profondeur; elles peuvent l'être aussi dans le sens de la longueur.

Dans le cas où la section méridienne de la montagne serait rigoureusement une ligne droite, où par conséquent sa forme serait exactement co-

nique et où elle serait parfaitement homogène dans sa composition, on ne verrait pas de raison suffisante de la non prolongation d'une même fissure, depuis la circonférence jusqu'au centre ; mais nous avons exposé que la section méridienne de la montagne n'est presque jamais une ligne droite, que sa surface est beaucoup plus compliquée que celle d'un cône. Par suite de cette circonstance, le soulèvement, auquel cette forme est attribuée, n'a pu avoir lieu sans produire non-seulement des fractures méridiennes divergentes, mais aussi des fractures concentriques ; ces dernières ont dû devenir plus nombreuses en approchant du centre, parce qu'à mesure qu'on s'en rapproche, ainsi que nous l'avons indiqué dans nos descriptions, la section méridienne s'éloigne de plus en plus d'être rigoureusement une ligne droite. Si la surface du massif soulevé avait été rigoureusement un solide de révolution, les fractures rayonnantes et concentriques auraient été perpendiculaire entre elles ; et, malgré toutes les irrégularités que ce massif présente, elles ont toujours dû se croiser, et par conséquent elles ont pu s'interrompre réciproquement. Rien ne s'est donc opposé à ce qu'elles aient contracté une disposition contrariée, semblable à celle des interstices du pavé de nos rues, ou à celles des fentes qui se produisent dans une argile qui se dessèche.

L'objection tirée de l'interruption des vallées de fracture disparaît d'elle-même devant cette seule considération, à laquelle on peut encore ajouter que la distribution des fissures, qui préexistaient dans la base granitique, a dû influer sur celle des fractures produites dans la masse volcanique soulevée, et en augmenter l'irrégularité. On voit clairement qu'il n'est pas dans l'essence du phénomène mécanique supposé, que les vallées de fracture qui partent de la circonférence se prolongent d'une manière continue jusqu'au centre du massif. Par conséquent, si la non-prolongation des vallées dont il s'agit est aussi absolue qu'on l'assure, cela ne constitue ni une impossibilité, ni même une difficulté. Il est dans la nature même des choses que de pareilles interruptions se présentent; et, si on n'en rencontrait pas d'exemples, ce serait cela qui constituerait une véritable singularité.

L'interruption plus ou moins complète qu'éprouvent quelques-unes des vallées du Cantal, avant de pénétrer dans la grande cavité centrale, n'infirme donc en aucune manière les observations directes, qui prouvent que la saillie actuelle de ce massif ne peut être que l'effet d'un soulèvement; mais il y a plus, cette interruption est accompagnée de circonstances dont on ne peut donner d'explication plausible que dans l'hypothèse du soulèvement.

Les effets d'une violente action mécanique sont tellement empreints dans toutes les formes du Cantal, que, tout en affectant de nier son soulèvement, on a admis que les dislocations ont concouru à la production des vallées qui le découpent : mais en admettant un déchirement propre à donner naissance à des vallées, on admet par le seul fait un soulèvement plus ou moins considérable. Il ne peut y avoir eu fracture sans qu'il y ait eu changement de forme de l'écorce terrestre. Si les points fracturés sont plus élevés que les points qui ne le sont pas, ce changement de forme a été un soulèvement. S'il y a eu soulèvement au Cantal, ce soulèvement pris en masse a été central, puisque, pris dans son ensemble, le massif produit est conique, et que les vallées qui le découpent convergent dans leur ensemble vers son centre, que plusieurs n'atteignent pas, mais vers lequel toutes sont dirigées.

Pour que cette disposition convergente des vallées ne fût pas un argument en faveur de l'hypothèse du soulèvement, il faudrait qu'elle pût être expliquée d'une autre manière. Or, la disposition dont il s'agit, combinée avec les circonstances qui accompagnent la non-prolongation jusqu'au centre de massif de quelques-unes de ces vallées, s'oppose à ce qu'on renouvelle à leur égard l'hy-

pothèse presque banale d'une simple action érosive produite par des courans aqueux.

L'objection relative à la non-prolongation de certaines vallées de fracture repose essentiellement sur l'existence de ces crêtes étroites en forme de murailles, presque tranchantes au sommet, et formées d'assises trachytiques uniformes et faiblement inclinées, qui séparent la grande cavité centrale du haut des vallées de Dienne et d'Apschon; murailles dont M. Burat a donné une description aussi exacte que pittoresque dans son ouvrage sur les volcans de la France centrale, p. 80, et dont il existe aussi des traces dans le haut de la vallée de Falgoux.

Dans l'hypothèse où le Cantal ne serait autre chose qu'un cône d'éruption simplement démantelé par les seuls agens de dénudation, l'existence de ces murailles serait inexplicable. Déjà le seul fait de la disposition régulièrement divergente des vallées est un obstacle à peu près insurmontable contre la supposition que leur première ébauche ait été faite uniquement par l'action de ces courans violens et passagers, qu'on nomme courans diluviens, et l'existence des murailles dont il s'agit porte le dernier coup à cette hypothèse; comment en effet de pareils courans, s'ils avaient à eux seuls creusé les vallées, auraient-ils laissé subsister des barrages aussi frêles placés

dans une direction transversale à leur cours ? On ne pourrait concevoir la réunion de l'une et de l'autre circonstances, la divergence des vallées jointe à l'existence des barrages, qu'en imaginant *poétiquement* des courans diluviens descendant du ciel en ligne perpendiculaire !

Les courans diluviens ne peuvent donc avoir façonné à eux seuls les vallées du Cantal, et ils ne peuvent avoir concouru à la production de leur forme actuelle qu'en agrandissant des vallées déjà ébauchées.

Les causes lentes et continues qui agissent pendant les périodes de tranquillité auraient-elles été assez puissantes pour produire à elles seules, soit les vallées actuelles, soit une ébauche de ces vallées déjà assez marquée pour tracer la route aux courans diluviens ? Pour résoudre cette question négativement, il suffit de remarquer, avec M. Burat, à quoi se réduisent les sillons où coulent les ruisseaux qui circulent sur les plateaux trachytiques et basaltiques, avant de tomber en cascades dans les vallées.

Les témoins trachytiques, en forme de murailles longues et étroites, qui ferment quelques-unes des vallées du Cantal, prouvent même que les phénomènes auxquels ce massif doit sa forme générale l'ont laissé dans un état très peu différent de son état actuel, et que, sauf le déblaiement

des parties fendillées, éboulées et presque démolies, les agens de dégradation actuels n'y ont produit que des résultats très peu sensibles. En effet, pour qu'on pût attribuer à ces agens une action considérable sur les parties que les premiers phénomènes avaient laissées intactes, il faudrait que le façonnement des murailles dont il s'agit pût être attribué à leur seule action long-temps continuée ; or, comment pourrait-on supposer que, dans plusieurs directions différentes, l'action de ces agens qui a rencontré des obstacles si variables ait marché avec assez de concert pour arriver précisément de nos jours à produire ces arêtes minces qui semblent aujourd'hui sur le point de s'écrouler simultanément ? La similitude de ces arêtes est une preuve presque certaine qu'elles sont à peu près permanentes, et qu'elles doivent leur première origine à des causes indépendantes de la marche du temps.

D'autres circonstances concourent encore à rendre évident que les flancs escarpés de ces murailles sont réellement, depuis le commencement de la période actuelle, dans un état très sensiblement stationnaire. Ils sont exactement dans la même situation que les autres escarpemens des vallées du Cantal ; or, le fait que la cascade des Vaulmiers, dans la vallée de Falgoux, tombe à peu près à fleur de l'escarpement général de la

vallée, prouve, d'après des considérations que j'ai indiquées dans un autre mémoire (Faits pour servir à l'histoire des montagnes de l'Oisans, *Annales des mines*, 3^e série, t. V, page 38), que, depuis que le Cantal a pris sa forme générale, l'action du temps sur cet escarpement a été à peu près insensible.

Il est donc évident que c'est ailleurs que dans les agens extérieurs de dégradation qu'il faut chercher la cause première des divers escarpemens que présente le Cantal, et de ceux en particulier que présentent ces murailles, dont l'existence est devenue le point de départ d'une objection contre l'hypothèse du soulèvement.

Plusieurs personnes s'étonnent avec raison de la grande étendue des parties des assises du Cantal qu'on suppose avoir été démolies dans le voisinage de son centre. Les restrictions que les considérations qui précèdent obligent à assigner au rôle qu'il est permis d'attribuer aux simples agens de dénudation ne peuvent qu'ajouter encore aux motifs de cet étonnement; mais je répondrai, comme nous l'avons déjà fait dans notre premier mémoire, que la démolition dont il s'agit est bien plus difficile à concevoir dans l'hypothèse d'un cône d'éruption simplement dégradé par des agens extérieurs, que dans celle d'un soulèvement qui aurait occasioné un crevassement

considérable, un fendillement très étendu et un ébranlement général; et j'ajouterai que la difficulté dont il s'agit s'étend à des montagnes d'une nature toute différente. Les petits lambeaux de terrain crétacé restés dans les Pyrénées sur les sommets des pics de Baletous, de Lestibet et d'Anie, y sont autant de témoins de l'ancienne continuité, sur l'emplacement de l'axe actuel de la chaîne, des assises de ce terrain, qui se trouve aujourd'hui réduit à deux bandes appliquées sur les bases de ces deux flancs (1). Pour reculer de part et d'autre de cette manière, le terrain crétacé a dû subir une démolition infiniment plus considérable que celle qu'on est conduit à admettre dans le Cantal, démolition qui n'est pas moins étonnante, qui présente plus en grand le même problème, et qui est cependant incontestable. Je pourrai citer aussi plus près de nous les dénudations du pays de Bray et des Wealds du S.-E. de l'Angleterre. Des exemples de ce genre se présentent partout, et l'énigme y existe tout aussi bien qu'au Cantal.

Cette énigme est donc absolument indépendante de la nature de roches qui la font naître au

(1) Voyez le mémoire de M. Dufrénoy, sur le terrain de craie dans les Pyrénées. *Annales des mines*, 3^e série, t. I, p. 27.

Cantal et des rapports que leur composition minéralogique présente avec celles qui composent les véritables cônes d'éruption. Quel que soit le mot de cette énigme, quelle que soit la combinaison d'efforts qui a fait disparaître les déblais dont on n'observe plus que l'ancien emplacement resté vide, il est certain que l'habitude de n'étudier dans les montagnes que la nature minéralogique des roches qui les constituent, et de considérer isolément les montagnes de telle ou telle composition, pourrait seule faire regarder l'origine des vallées du Cantal et des escarpemens qui les bordent comme présentant un problème spécial. Pour un observateur attentif aux grands traits des phénomènes géologiques, rien ne distingue les escarpemens qui forme le caractère du paysage des groupes montagneux qui dominent le plateau de l'Auvergne de ceux qui forment le caractère des paysages alpins. Les escarpemens à fleur desquels tombent les cascades de Quereilh, de la Dore, de la Dogne, de Mandailles, des Marionies, des Vaulmiers, ne diffèrent que par la nature minéralogique des roches qui les composent, de ceux à fleur desquels bondissent les eaux du Staubach, de la Pisse-Vache, de la cascade de Gavarnie. Partout où ces formes alpines se présentent, elles attestent avec une égale évidence l'intervention de ces forces prodigieuses,

qui, en faisant éclater l'écorce terrestre, ont donné naissance aux chaînes de montagnes. Nos longues et étroites murailles de trachytes, qui souvent se découpent en obélisques, sont une forme alpine des plus prononcées, placée au centre du Cantal comme un jalon naturel, destiné à nous rendre plus sensibles les affinités de sa forme.

Elles y occupent une place exactement correspondante à celle qu'occupent dans les montagnes de l'Oisans ces murailles et ces obélisques de granite, dans lesquels se divise la crête circulaire qui entoure la Bérarde. Elles rappellent également ces murailles et ces obélisques calcaires, composés d'assises horizontales, qui sont souvent restés debout sur la partie culminante d'un groupé de couches replié autour d'un axe horizontal, phénomène dont il existe tant d'exemples dans les Alpes calcaires du Dauphiné, de la Savoie et de la Suisse.

Peu de géologues sans doute refuseraient aujourd'hui d'attribuer la cause première de l'isolement dans lequel sont restées les murailles granitiques et calcaires dont je viens de parler aux ruptures qui ont accompagné le soulèvement des Alpes : rien n'empêche d'attribuer une origine analogue à nos murailles trachytiques; tout conduit même à l'admettre.

Il serait facile en effet d'établir, comme un

fait au moins très probable, l'existence au Cantal d'une ligne de dislocation semi-circulaire, qui, prenant naissance derrière le Puy-Chavaroche, passant par la masse phonolithique du haut de la vallée du Falgoux, courant ensuite derrière le Puy-Marie, la montagne de Peyrarte et celle de Bataillouse, traversant la vallée de l'Alagnon, près du lambeau tertiaire de la Visière dont on a cité l'inclinaison au rebours de la pente générale, et se prolongeant derrière le plomb du Cantal, va se terminer derrière le Puy-Gros, et de montrer que c'est à cette ligne de dislocations que se sont arrêtées les vallées du Falgoux, d'Apschon et de Dienne. D'après les observations de M. des Genevez, la ligne dont je viens de parler joue souvent, par rapport aux assises du Cantal, le rôle d'une ligne anticlinale semi-circulaire; ce qui place nos murailles trachytiques dans une position exactement comparable à celles des murailles granitiques et calcaires auxquelles je les ai comparées.

Ainsi on voit que l'hypothèse du soulèvement du Cantal, bien loin de se trouver en opposition avec la disposition des traces de déchirement qu'il présente, renferme des élémens propres à expliquer, au moins par comparaison, les points de sa structure, qui semble, au premier abord, les plus singuliers, et qui sont les moins susceptibles d'être expliqués par les dégradations que de sim-

ples agens extérieurs auraient fait subir à un cône d'éruption.

L'objection fondamentale de la non-prolongation de quelques vallées de fracture jusqu'au centre du massif soulevé, a été accompagnée d'une série d'objections de détails basées sur les diverses irrégularités que présente la structure du Cantal. On a cité comme donnant lieu à autant d'objections, divers points où la surface des assises volcaniques et tertiaires, au lieu de prolonger directement vers l'extérieur, plonge dans des directions obliques ou même vers le centre du système ; il me semble cependant que nous avons fait d'avance une part suffisamment large à toutes ces irrégularités partielles en disant que l'hypothèse d'un soulèvement régulièrement conique ne pouvait être qu'une approximation. L'existence de toutes ces irrégularités est même implicitement comprise dans l'hypothèse du soulèvement, puisqu'il est évident que l'inégalité de résistance, tant de la masse volcanique superficielle que de la base qui la supporte, tend à modifier la tendance que le phénomène doit avoir eue en lui-même à imprimer au massif soulevé et à la surface de ses diverses assises la forme d'un sol de révolution.

Il est d'ailleurs aisé de voir que des faits particuliers de ce genre auraient dû se présenter,

même dans l'hypothèse d'un soulèvement régulièrement conique. Les surfaces primitives des assises des conglomérats trachytiques et basaltiques n'ont pu manquer, d'après leur mode d'entassement, de présenter quelquefois des irrégularités considérables; et comme la pente moyenne des assises du Cantal n'est, aujourd'hui, que de 4 à 5°, il suffit que les surfaces primitives de ces assises se soient écartées de quelques degrés de l'horizontale, pour qu'elles présentent aujourd'hui, dans les points correspondans, des pentes sensiblement différentes de la pente générale, quelquefois des pentes beaucoup plus grandes, d'autrefois des pentes inverses, et, dans certain cas très particuliers, une horizontalité complète.

Ces dernières considérations suffiraient, à elles seules, pour montrer que ce ne sont que les résultats les plus généraux des phénomènes de soulèvement qu'on peut espérer de trouver soumis à quelques règles fixes.

Ce ne serait donc pas en montrant que la simplicité d'un énoncé général dans lequel on réduit le phénomène à sa plus simple expression se trouve débordée par la complication des détails qu'on pourrait prouver que la supposition du soulèvement est inadmissible; mais en signalant dans les traits de l'ensemble quelque circonstance gé-

nérale et simple qui viendrait la contrarier, et c'est à quoi on n'a pas réussi.

La rupture de l'écorce terrestre pourrait avoir été un phénomène très compliqué, sans qu'il cessât d'être utile de donner une image simple de ces traits généraux, d'exprimer par le calcul la partie la plus simple et la plus importante du résultat total, et de montrer, comme nous nous sommes attachés à le faire, que dans le Cantal et dans les mieux connus des autres massifs analogues, qu'on a proposé de considérer comme des cratères de soulèvement, il y a un parallélisme satisfaisant entre la marche des résultats d'un calcul approximatif et celle des parties du phénomène avec lesquelles ils sont en rapport.

Ces calculs et les énoncés approximatifs dont ils sont la traduction ne sont que des moyens de parvenir à résoudre une question unique et absolue, celle de savoir si l'écorce terrestre a été crevée ou si elle ne l'a pas été. Depuis que la question des cratères de soulèvement a été remise sur le tapis, on a parlé plus d'une fois de concessions mutuelles, de moyens de s'entendre, d'accommodemens; mais il n'y pas ici d'accommodemens possibles. Un cratère de soulèvement ne peut exister que comme résultat de fracture; une fracture dans un corps solide ne peut exister à moitié; la question des cratères de soulèvement ne peut être résolue

que par *Oui* ou par *Non*. Il n'était pas nécessaire, pour servir utilement à la solution d'une question aussi tranchée, que nos calculs fussent poussés au point de représenter tous les détails possibles du phénomène.

Ce serait même méconnaître entièrement le caractère de la question des cratères de soulèvement et la nature des difficultés qu'elle peut encore présenter que de la compliquer par la considération des irrégularités de détail qui peuvent exister dans le massif soulevé. Ce que le Cantal et les autres cratères de soulèvement offrent de réellement problématique, ce ne sont pas ces irrégularités de détail, c'est bien plutôt la petitesse des dérangemens que présentent leurs assises comparées à l'état de bouleversement des couches qui sont soulevées sur les flancs des chaînes de montagnes.

Ce qui caractérise principalement les cratères de soulèvement, c'est que sur leurs pentes extérieures les élémens de la surface primitive sont simplement désunis et inclinés sans être tourmentés et repliés. Ce fait réduit à une forme très simple la condition géométrique à laquelle ces élémens doivent satisfaire. Il est nécessaire, et il suffit, pour que le soulèvement ne soit pas contredit par les faits observés, que les crevasses qui séparent ces élémens dans leur position actuelle,

soient telles et distribuées de telle manière, que si on commençait par enlever les matières d'éruption ou d'éboulement qui peuvent en avoir rempli quelques-unes, elles permettent de concevoir la surface actuelle rabattue à peu près exactement dans le plan de la base de la surface soulevée, sans que dans aucun point plusieurs masses soient venues se présenter pour occuper le même point. Or il résulte bien évidemment des calculs auxquels nous nous sommes livrés dans notre premier mémoire, que dans le Cantal et dans tous les cratères de soulèvement sur lesquels on possède des données exactes, on peut admettre l'existence de plus de crevasses, soit ouvertes, soit remplies de matières adventives, qu'il n'en faudrait à la rigueur pour permettre de concevoir le rabattement dont je viens de parler.

Mais cette disposition si simple que présentent les élémens de la surface plane primitive, en même temps qu'elle rend facile le contrôle des observations, peut servir de point de départ à des problèmes importants; ainsi que nous l'avons déjà indiqué dans notre premier mémoire, il reste là une question d'écrasement à traiter par les principes de la mécanique. Il reste à déduire de la forme que la surface a reçue la quantité et le mode de distribution de l'écrasement intérieur, dont les dérangemens de cette surface donnent la preuve.

Cette question présentera peut-être d'assez grandes difficultés analytiques, et tant que ces difficultés n'auront pas été levées, on pourrait craindre au premier abord qu'elle ne conduisit à quelque résultat absurde. Mais on ne doit pas oublier que le résultat d'un calcul quelconque sur cette matière ne sera jamais que le développement d'une hypothèse sur la structure et la composition de la base de l'écorce terrestre. Or personne ne peut se flatter de posséder des notions assez exactes sur les parties de l'écorce terrestre *inaccessibles à nos regards* pour en déduire *a priori* l'absurdité du résultat d'observations faites sur les *parties exposées au grand jour*. Ce sont au contraire ces observations et les déductions auxquelles elles conduisent qui peuvent nous fournir des données sur les fondemens de l'écorce terrestre.

Ainsi que M. Boblaye l'a fait remarquer, la production d'un cratère de soulèvement se conçoit plus aisément dans les parties de l'écorce terrestre dont la base, criblée par une multitude d'éruptions antérieures et pour ainsi dire vermoulue, pouvait permettre à la pression soulevante de venir s'exercer directement sur des points peu éloignés de la surface. Prise pour base d'un calcul exact et complet, sous le rapport de ce qui s'est passé dans la profondeur, l'existence des cratères de soulèvement pourrait bien finir par prouver

qu'il y a eu dans l'écorce terrestre des *points faibles* susceptibles d'un mode d'écrasement qui ne se produirait que difficilement en un *point quelconque*, et ce résultat n'aurait rien en lui-même que de rationnel; mais un calcul approfondi, d'un ordre élevé et peut-être difficile, est nécessaire pour résoudre la question, même dans ce sens.

On doit remarquer, en outre, que, ramenée à des difficultés de géométrie et de mécanique, sur ce qui a dû se passer dans l'intérieur de l'écorce terrestre, la question des cratères de soulèvement ne pourrait être résolue négativement que d'une manière générale et absolue, et qu'un seul cas bien constaté d'un phénomène de ce genre suffit pour prouver que la nature sait échapper aux difficultés qu'on pourrait concevoir *à priori*. Or, ainsi que je l'ai déjà rappelé plus haut, la théorie des cratères de soulèvement n'est que l'application à des contrées antérieurement volcanisées de la théorie des vallées d'élévation. Les difficultés géométriques dont les cratères de soulèvement pourraient être l'objet, celles même qui seraient basées sur la simplicité de disposition des assises soulevées circulairement, opposées à la complication des reploiemens qu'ont éprouvés les couches des chaînes de montagnes allongées, s'appliqueraient aux vallées d'élévation qui pré-

sentent non-seulement une disposition circulaire semblable, mais aussi, dans beaucoup de cas, une simplicité de forme aussi grande. Pour que les difficultés théoriques qu'on pourrait être tenté d'élever contre l'hypothèse des cratères de soulèvement prissent un caractère sérieux, il faudrait qu'elles pussent être opposées non-seulement aux argumens par lesquels j'ai essayé de montrer que les cônes revêtus de basalte sont nécessairement des cônes de soulèvement, mais encore aux argumens d'un genre entièrement distinct, qui prouvent que dans des montagnes d'une nature différente les forces soulevantes ont donné naissance à des formes tout-à-fait semblables. Ce ne sont pas seulement des montagnes à flancs basaltiques et trachytiques, qui présentent une forme conique et cratériforme, sans qu'on puisse l'expliquer par l'effet des seules éruptions et de la dénudation; la masse granitique du Mont-Blanc la masse trachytique de l'Elbruz, s'élèvent chacune dans une enceinte plus ou moins régulièrement circulaire ou elliptique, formée par d'énormes assises sédimentaires qui se relèvent de toutes parts vers la pyramide centrale, et lui présentent leur tranche escarpée. D'autres groupes, moins larges et moins élevés, présentent une disposition semblable avec ou sans pyramide au milieu, comme le cirque de la Bérarde dans

l'Oisans, le cirque de Gavarnie dans les Pyrénées, le cirque de Moray et le creux du Vent dans le Jura, le cirque de Sombornon dans la Côte-d'Or, les vallées circulaires des plaines crayeuses du Dorsetshire et du Hampshire.

Mais tout en admettant l'hypothèse du soulèvement pour les montagnes calcaires et arénacées, beaucoup de géologues se souviennent encore de la répugnance qu'ils lui ont si long-temps opposée. On n'attache tant d'importance à combattre la théorie des cratères de soulèvement que parce que les cônes formés de matières d'éruptions sont aujourd'hui les seuls points de la surface du globe où les adversaires du soulèvement trouvent encore à se réfugier. Il n'est pas étonnant qu'ils y défendent le terrain pied à pied; car une fois qu'ils auront abandonné ce dernier retranchement, les phénomènes mécaniques auront acquis définitivement un des rôles principaux dans la géologie. Je crois même pouvoir faire remarquer que si le présent mémoire ramène au même point les questions relatives aux phénomènes de fracture dont les roches de sédiment et d'éruption présentent également l'empreinte, ce n'est qu'en faisant intervenir la considération des traces laissées par un phénomène mécanique particulier, celui que présente une masse visqueuse qui se refroidit en coulant; traces qui sont pour l'étude des masses

produites par éruption, ce que les traces de l'horizontalité initiale des dépôts de sédiment sont pour l'étude des masses calcaires et arénacées. L'examen des caractères minéralogiques des échantillons de roches est insuffisant pour résoudre des questions de ce genre.

Indépendamment des objections plus ou moins sérieuses que je viens de discuter, on a cherché à faire valoir quelques autres considérations auxquelles leurs auteurs eux-mêmes n'attachent pas sans doute une bien grande importance.

Ainsi on a allégué la direction à peu près horizontale de la tranche des couches de calcaire d'eau douce qui se montrent dans de petits escarpemens près de Thiesac; je connais moi-même ces escarpemens, ils sont très peu étendus, et je doute fort qu'on puisse y constater positivement si le calcaire est horizontal ou s'il plonge de quelques degrés en avant ou en arrière, circonstance qui du reste ne sera importante à examiner que lorsqu'on descendra à la discussion des irrégularités locales du soulèvement.

On a de plus allégué qu'au-dessus de ce calcaire supposé horizontal on voit du basalte incliné. L'objection serait spécieuse si le basalte se trouvait verticalement au-dessus du calcaire; mais ce basalte, quoique situé à un niveau supérieur à celui du calcaire, s'en trouve à une assez grande dis-

tance horizontale, et dès lors l'objection s'évanouit.

M. Constant Prévost s'est attaché à prouver que l'intercalation de lambeaux de calcaire d'eau douce dans le tuf trachytique de la vallée de Vic ne prouve rien relativement aux soulèvemens postérieurs à l'éruption des basaltes. Si M. Prévost avait lu notre mémoire avec attention, il aurait vu que nous ne citons (*Annales des mines*, 3^e série, tome III, p. 587) le fait de cette intercalation que pour faire voir que, loin du centre actuel du Cantal, le terrain tertiaire a été disloqué par l'arrivée au jour des trachytes et de leurs tufs (ce qui concourt à démontrer la nature sporadique des éruptions trachytiques) et pour montrer combien sont légères et trompeuses les ressemblances accidentelles que présentent ces tufs avec ceux qui se forment de nos jours sur les flancs des volcans en éruption. On aurait cependant pu croire que M. Prévost avait compris la portée de notre argument lorsqu'il a mis tant d'importance à combattre les observations par lesquelles MM. Dufrénoy, Murchison et Lyell, ont établi le fait de cette intercalation, que je persiste, d'après mes propres observations, à regarder comme incontestable.

Enfin on a dit que les dépôts d'eau douce du bassin d'Aurillac sont demeurés dans leur position horizontale primitive ; cette assertion prouve

seulement que les personnes qui ont entrepris en 1833 l'examen du Cantal n'y ont pas porté de baromètres. Si elles y en eussent porté, si seulement elles fussent montées sur les collines de roches primitives qui bordent le bassin vers le sud, elles auraient vu tout le sol de ce bassin présenter, du midi au nord, un relèvement faible, mais uniforme, que l'œil seul distingue, et que le baromètre vérifie. J'ai constaté qu'entre les collines de calcaire d'eau douce au nord d'Aurillac, et la surface du bassin d'eau douce près de Bex, il y a une différence de niveau de plus de cent mètres, sans compter qu'au nord d'Aurillac le calcaire d'eau douce, plus élevé et plus voisin du foyer volcanique, a été détruit par le temps sur une plus grande épaisseur.

Que serait-ce si on comparait le fond du bassin d'eau douce à Aurillac avec le calcaire de Thiesac, dont il paraît que les phénomènes volcaniques n'ont laissé subsister que les parties les plus basses, immédiatement appliquées sur le gneiss? On allègue qu'il y avait plusieurs bassins d'eau douce, et on se fonde sur ce qu'on voit pointer le gneiss sur les bords du ruisseau près du pont de Thiesac, comme s'il n'était pas tout simple qu'un ruisseau qui coupe d'abord le calcaire d'eau douce, vienne, un peu plus bas, se jeter dans les roches primiti-

ves dont la surface raboteuse sert de support à ce calcaire.

Mais je n'insiste pas sur le fait du relèvement général que présente le terrain tertiaire, quelque évidente que soit sa liaison avec le soulèvement du Cantal, vers le centre duquel le relèvement se dirige. Ce relèvement n'est en effet qu'un cas particulier d'un fait beaucoup plus général que j'ai déjà mentionné ailleurs, et sur lequel je compte revenir; je veux parler du relèvement général de toutes les assises tertiaires et d'alluvions anciennes, vers une ligne de faite qui traverse la France dans le prolongement de la ligne de soulèvement de la chaîne principale des Alpes. Toutefois sans chercher, quant à présent, à rattacher plus complètement que je ne l'ai fait dans un autre travail (1) le soulèvement du Cantal, du Mont-Dore et du Mezenç, au grand phénomène dont il a fait partie, je ne dois pas omettre de remarquer une circonstance importante du gisement géographique de ces trois groupes de montagnes.

Nos trois massifs soulevés sont placés à très peu près par rapport à l'extrémité occidentale de la chaîne principale des Alpes, comme les îles sou-

(1) Voyez recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe (*Annales des sciences naturelles*, t. XIX, p. 187 et 188).

levées des Canaries, par rapport à l'extrémité occidentale de la chaîne principale de l'Atlas, comme Santorin, par rapport à l'extrémité occidentale de la chaîne du Taurus, et même jusqu'à un certain point comme l'Etna, par rapport à l'extrémité orientale de l'Atlas, dont la chaîne principale de la Sicile peut être considérée comme un rameau.

D'autres rapprochemens, qu'il serait trop long d'indiquer ici, compléteraient la similitude de position de ces différens points.

Il est assez naturel que d'anciens massifs volcaniques placés d'une manière aussi analogue, aient cédé d'une manière à peu près semblable à l'action des forces soulevantes, tandis que d'autres massifs volcaniques anciens placés d'une autre manière, comme ceux du nord d'Irlande, du nord de l'Allemagne, de la Hongrie, leur ont résisté.

Sans attacher à ce rapprochement une importance qui ne pourrait résulter que de développemens qui me sont interdits par les bornes déjà trop étendues de ce mémoire, je ferai remarquer qu'il se trouve en harmonie avec les analogies que différens observateurs ont depuis long-temps signalées entre les anciennes déjections qui forment la base de l'Etna, et les produits des éruptions volcaniques anciennes de diverses contrées.

Ces analogies ne se réduisent pas à de simples

rapports minéralogiques; on a indiqué aussi de grandes analogies de forme entre le Cantal et les masses qui servent de base au cône moderne de l'Etna, telles que celles qui entourent le Val del Bove.

Or ces analogies qu'on a signalées comme présentant une objection contre le soulèvement du Cantal, tendraient au contraire à prouver que l'accumulation d'anciennes matières volcaniques sur laquelle repose l'Etna aurait elle-même été soulevée avant les éruptions modernes, et conduisent à assimiler le Val del Bove, sinon aux cratères de soulèvement, du moins aux Cratères Lacs.

M. Lyell, après avoir établi; t. III, p. 87 de ses *principles of geology*, que le Val del Bove ne peut être considéré comme le reste d'un cratère d'éruption, et avoir discuté les probabilités qui lui paraissent militer, soit en faveur de l'hypothèse qui attribuerait à un éboulement la formation de cette même cavité, soit en faveur de celle qui l'attribuerait à une explosion, conclut, p. 96-97, en disant..... « Dans l'imperfection actuelle de » nos connaissances sur l'histoire des volcans, » nous éprouvons quelque difficulté pour nous » prononcer sur la probabilité relative de ces hypothèses; mais si nous adoptons la théorie des » explosions de bas en haut, la cavité ne constitue-

» rait pas un *Cratère*, dans l'acception ordinaire
» du mot, et cependant elle cadrerait encore
» moins avec la notion de ce qu'on appelle *Cra-*
» *tères de soulèvement*. »

J'avoue que la dernière partie de cette conclusion me paraît voisine de la subtilité. Après avoir lu avec attention tout ce que M. Lyell dit sur l'Etna en général, et sur le Val del Bove en particulier, je ne trouve rien qui puisse me conduire de mon côté à pencher plutôt en faveur de l'hypothèse des explosions que de celle des enfouissements ; mais j'y trouve encore moins de faits qu'on puisse opposer à l'idée que le morcellement éprouvé par l'ancienne accumulation de matières volcaniques dans laquelle le Val del Bove est entaillé, aurait été la suite d'un bombement de la masse entière de ces déjections anciennes. Rien ne prouve en effet que, dans l'origine, les assises de cette masse aient été aussi éloignées de l'horizontale qu'elles le sont aujourd'hui, et rien ne prouve par conséquent que la concentration autour d'un foyer unique des éruptions modernes de l'Etna ne remonte pas à un violent effort souterrain exercé de bas en haut dans l'emplacement de ce foyer. Or il faudrait prouver que la supposition d'un pareil effort est inadmissible pour pouvoir dire que la théorie des cratères de soulèvement ne s'applique pas à l'Etna, car cest

la trace observable d'un premier effort très violent, et non telle ou telle forme, plus ou moins régulière, imprimée à la surface qui constitue la base de la théorie des cratères de soulèvement.

- Nos cratères de soulèvement de la France centrale ont eu un sort comparable à celui de Palma, où il ne s'est produit d'éruptions modernes qu'à l'extérieur. A l'Etna, au contraire, les éruptions modernes se produisent, comme les éruptions les plus considérables de Ténériffe, vers la partie centrale de l'espace soulevé.

Cette idée d'une succession de phénomènes graduellement différens, sur le sol de l'Etna, est loin d'être nouvelle. M. Fleuriau de Bellevue, à qui la géologie est redevable de recherches et d'aperçus si ingénieux, a exprimé depuis long-temps et même avant l'abbé Ferrara, l'opinion que la partie de la Sicile où s'élève aujourd'hui l'Etna a été auparavant le théâtre de phénomènes d'une nature volcanique, mais d'une plus grande dimension que ceux qui s'y passent de nos jours. On se trouve seulement conduit aujourd'hui à établir des distinctions plus tranchées entre les différens phénomènes successifs, et à séparer plus nettement les phénomènes de fracture des phénomènes de déjection.

L'idée à laquelle je me trouve conduit sur la succession des phénomènes, dont la forme actuelle

de l'Etna a été le produit, est presque identique avec le résultat des observations que M. Jackson a faites en Sicile en 1832, et qu'il a bien voulu me communiquer pendant le séjour qu'il a fait ensuite à Paris, avant de retourner en Amérique.

Mais je dois laisser aux différens observateurs qui ont visité l'Etna le soin de débattre et de résoudre les nombreuses et importantes questions auxquelles sa structure peut encore donner lieu. Il me suffit d'avoir écarté les difficultés qui avaient été opposées à l'hypothèse du soulèvement du Cantal, en faisant voir que les rapprochemens qu'on a essayé d'établir entre les revêtemens superficiels du Cantal et de l'Etna, loin d'en montrer la similitude, en font mieux ressortir la différence, et donnent de nouveaux motifs pour chercher, dans un phénomène de soulèvement, la cause de la forme conique du Cantal; et d'avoir prouvé en même temps que l'épaisseur des matières volcaniques au centre du Cantal, et la non-continuité de ses fractures méridiennes, au lieu de pouvoir être objectées comme des circonstances improbables ou impossibles, fournissent au contraire une vérification de conséquences implicitement comprises dans l'hypothèse d'une série d'éruptions trachytiques et basaltiques, suivies d'un violent effort exercé de bas en haut.

Qu'une suite d'éruptions vienne à se faire jour

au centre du Cantal (1), que leurs déjections remplissent la grande cavité centrale, que la cime de leur cône s'élève par degrés à quelques centaines de mètres au-dessus de la cime actuelle du plomb, que les coulées s'étendent dans les vallées divergentes et sur les plateaux basaltiques, on aura alors un véritable Etna au milieu de l'Auvergne; mais jusqu'ici je ne vois encore que son piédestal.

(Le mémoire de M. Fournet, dont il a été question dans le commencement de cet article, p. 226, a paru dans les *Annales des mines*, III^e série, tom. V, 2^e livraison, 1833.)

(1) Les observations que j'ai faites sur les flancs de l'Etna depuis la composition de ce mémoire, m'ont appris que cette supposition serait encore plus exacte en l'appliquant au Mont-Dore, ainsi que j'espère le montrer dans un travail sur la structure de l'Etna.

SUR LA POSITION
GÉOLOGIQUE
DU
TERRAIN SILICEUX
DE LA BRIE
ET
DES MEULIÈRES
DES ENVIRONS DE LA FERTÉ;

PAR M. DUFRÉNOY,
Ingénieur en chef des mines.

THE
JOURNAL OF THE
ROYAL ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE

EDITED BY
ALFRED HENRI HODKINSON
F.R.S.
AND
ALFRED HENRI HODKINSON
F.R.S.

MÉMOIRE

Sur la position géologique du terrain siliceux de la Brie et des meulières des environs de La Ferté.

Par M. DUFRENOY, Ingénieur en chef des mines.

Les différentes formations tertiaires, qui constituent le sol des environs de Paris, sont disposées d'une manière assez régulière dans ce vaste bassin; la vallée de la Seine, qui court à peu près du N. au S. en amont de Paris, les sépare en deux bandes, dont les limites ne sont pas, il est vrai, très distinctes. Le calcaire marin désigné également sous le nom de calcaire grossier, se montre presque exclusivement au jour sur la rive gauche, où il est exploité par de nombreuses carrières, qui fournissent les pierres de construction employées à Paris.

Les collines, qui bordent la rive droite de la Seine, sont au contraire composées de formations d'eau douce, et l'on sait que la pierre à plâtre et les pierres meulières, qui dépendent de ces assises tertiaires, proviennent de l'est de Paris. A mesure que l'on s'éloigne de la ligne que je viens d'indi-

quer, la séparation entre les formations tertiaires est plus nette, et, à quelques lieues de Paris, on ne trouve qu'accidentellement le calcaire grossier ou les sables marins qui le représentent. Le calcaire d'eau douce au contraire acquiert une très grande puissance, surtout dans le plateau de la Brie compris entre la Seine et la Marne. Dans presque toute cette vaste étendue, le calcaire est caractérisé par la présence d'une assez grande quantité de silice, circonstance que M. Brongniart a rappelée en le désignant sous le nom de *calcaire siliceux*. La silice y existe dans des proportions et à des états variés. Tantôt elle est disséminée dans la masse même du calcaire, et lui communique alors des propriétés hydrauliques très prononcées. Tantôt elle est réunie sous forme de rognons ou de masses plus ou moins considérables; ces silex ne remplacent point des corps organisés, comme cela est habituel dans la craie; ils sont dus à des concrétions siliceuses qui sont probablement contemporaines du calcaire. La séparation de ces deux substances s'est opérée au fur et à mesure que les eaux, qui contenaient la dissolution; ont déposé la formation qui nous occupe. Il est résulté de cette circonstance que la silice et la chaux carbonatée ont dû se mélanger dans toutes les proportions; aussi voit-on constamment le calcaire et les silex passer de l'un à l'autre par des dégradations insen-

Caractères
du calcaire
siliceux.

sibles; les cavités de la première de ces roches sont souvent même tapissées de parties siliceuses mamelonnées, qui possèdent assez fréquemment la structure uniforme des agates. Le calcaire de Champigny, regardé comme type du calcaire siliceux, présente cette disposition d'une manière très prononcée. Dans quelques localités la silice est très dominante, le calcaire siliceux devient alors un silex carié, lequel, étudié isolément, ne rappelle en aucune manière la formation calcaire auquel il appartient; il est au contraire entièrement semblable par ses caractères extérieurs aux blocs siliceux qui recouvrent les sommités de Meudon et des bois de Montmorency. Mais l'âge de ces deux roches, si analogues minéralogiquement, est fort éloigné; la dernière constitue l'assise supérieure des terrains tertiaires du bassin de Paris, tandis que les meulière du calcaire siliceux sont recouvertes par le grès marin supérieur, et appartiennent par suite à l'étage inférieur de ces terrains, dont elles forment l'assise la plus moderne. Malgré cette différence essentielle, on a regardé jusqu'ici toutes les meulière comme appartenant à la même assise: il est vrai que la position superficielle des meulière de La Ferté et de Montmirail rendait cette assimilation naturelle: ce sont ces circonstances qui ont engagé les célèbres auteurs de la *Géographie minéralogique des environs*

de Paris à les décrire comme contemporaines, en les distinguant seulement par les noms de meulières sans coquilles et de meulières coquillières.

L'absence de la pierre à plâtre dans la presque totalité du pays recouvert par le calcaire siliceux, a rendu la position de ce calcaire incertaine; son analogie avec les marnes d'eau douce qui existent à Saint-Ouen à la séparation du calcaire grossier et du gypse, l'ont fait regarder comme inférieur à cette dernière assise qui forme aux environs de Paris un horizon géologique si prononcé; il en résulte que les places que l'on a assignées au calcaire siliceux et aux meulières de La Ferté dans l'échelle des terrains de Paris sont fort éloignées, et que ni l'une ni l'autre de ces deux roches ne sont dans leur position réelle. Des observations nombreuses m'ont prouvé que le calcaire siliceux et la pierre meulière ne sont que des manières d'être différentes d'une même formation supérieure à la pierre à plâtre, et inférieure au grès de Fontainebleau. Le calcaire siliceux est par conséquent une alternance de plus du terrain marin et du terrain d'eau douce dans les formations tertiaires de Paris. Cette formation, très épaisse dans le plateau de la Brie, s'amincit à mesure que l'on s'approche de la vallée de la Seine, de sorte qu'elle n'est plus représentée que par des couches de quelques pieds d'épaisseur dans les col-

lines des environs de Nogent; mais cependant elle existe encore à la butte de Pantin. Il en résulte que si dans l'intérieur du pays occupé par le calcaire l'absence du gypse ne permet pas de constater la superposition du calcaire sur la pierre à plâtre, cette position relative est au contraire facile à observer en un assez grand nombre de points de la lisière du plateau de la Brie.

Je vais donner quelques exemples pour bien établir les relations que je viens d'indiquer.

Les collines qui bordent la rive droite de la Marne entre Nogent et Lagny, présentent de nombreuses exploitations de pierre à plâtre. Cette substance ne se retrouve plus sur la rive gauche, mais les marnes vertes caractéristiques de cette formation s'y montrent encore de manière à présenter un repère géologique certain : l'amincissement de la formation de pierre à plâtre n'est pas la seule circonstance remarquable que présente la rive gauche de la Marne. Cette formation, qui s'élève presque jusqu'à la hauteur de la butte des moulins de plaisance près de Nogent (*Pl. V, fig. 2*), se retrouve à Petit-Brie au niveau de la Marne, d'où il résulte que les couches du terrain plongent vers le S. O. assez fortement.

A Fontenay-sous-Bois, situé environ à un quart A Fontenay.
de lieue de Nogent, la formation gypseuse possède à peu près la même épaisseur que dans les buttes

Superposition
du calcaire
siliceux
sur le gypse.

de Montmartre et de Pantin. Elle s'y divise également en deux masses séparées l'une de l'autre par une certaine épaisseur de marnes schisteuses et distinctes par la nature de la pierre à plâtre. L'inférieure, formée d'une multitude de petites couches dont le tissu est très serré, est exploitée par des puits qui ont une cinquantaine de pieds de profondeur; la masse supérieure est composée de couches puissantes d'une pierre à plâtre sans mélange de marnes et sans alternance de couches à larges cristaux de chaux sulfatée. On trouve dans cette masse quelques ossemens de paléotherium, de même que cela est habituel dans les carrières de Montmartre et de Pantin. Cette partie supérieure de la formation gypseuse est mise à nu par différentes coupures pratiquées sur le flanc de la colline, de manière qu'il est facile d'observer la position relative de toutes les couches qui la composent. Bientôt le sol devient glaiseux, et les marnes vertes associées au gypse succèdent aux derniers indices de pierre à plâtre. Enfin des fragmens de calcaire répandus sur la surface du sol avec une grande profusion, annoncent peu après que la nature a changé, et que des calcaires ont succédé à la formation de plâtre et à ses marnes.

Le calcaire présente les caractères que j'ai indiqués comme propres au calcaire siliceux. Il possède une dureté assez grande due à un mélange

intime de silice répandue dans sa masse. Ses cavités sont quelquefois même tapissées de petites géodes siliceuses, mais la circonstance la plus habituelle est de présenter des plaques de silex plus ou moins pures, qui se fondent insensiblement avec le calcaire, de telle sorte que le silex est fortement coloré lorsque les plaques siliceuses ont quelque largeur, tandis qu'elles sont d'un gris blanchâtre sur les bords. Ce calcaire ne présente pas d'analogie avec les silex meuliers qui forment l'assise supérieure des terrains de Paris. Il en diffère essentiellement par son tissu, qui n'est point carié, tandis qu'il est au contraire identique avec le calcaire de Champigny, et celui qui constitue tout le sol de la Brie. Cette concordance entre les caractères minéralogiques de ces différens calcaires est d'accord avec l'absence des sables marins qui n'existent pas dans la côte de Fontenay et de Nogent à la séparation du gypse et du calcaire. Cependant ces sables occupent une épaisseur assez considérable dans le prolongement de cette même côte à Pantin. Les hauteurs de ces deux sommités étant à peu de chose près les mêmes, ainsi que toutes les circonstances géologiques, le manque des sables marins dans ces deux localités contiguës ne peut être attribué à l'amincissement de cette formation; il est dès lors naturel de penser que si les sables marins existaient ils seraient supérieurs

au calcaire qui recouvre les sommités de Nogent et de Fontenay. J'indiquerai bientôt qu'effectivement on les trouve dans plusieurs points en recouvrement sur le calcaire siliceux de la Brie; et, comme il résulte de l'identité de hauteur et de constitution géologique des coteaux qui bordent les deux rives de la Marne, qu'avant l'ouverture de cette vallée, le calcaire de la Brie faisait continuité avec le calcaire siliceux de Nogent, on en conclut naturellement que ce dernier calcaire ne peut être assimilé au silex meulière qui appartient à la formation la plus moderne du terrain parisien.

A Nogent.

La descente vers Nogent montre la même disposition que la montée de Fontenay (*fig. 2*). Sur le sommet du plateau, des tranchées ouvertes au-dessus des moulins de plaisance pour la construction d'un fort, font voir la superposition directe du calcaire siliceux sur les marnes, circonstance que nous n'avions fait que juger sur le revers opposé. La hauteur des marnes au-dessus de la vallée est moins grande qu'à Fontenay, et par suite la formation calcaire a une épaisseur plus considérable.

Entre Brie-sur-Marne et Champigny, bourgs situés tous deux sur la rive gauche de la Marne, mais sur deux pentes opposées du plateau de la Brie, le calcaire siliceux atteint une grande épaisseur (*fig. 2*); l'étude de ces deux localités nous montre encore l'amincissement du terrain de pierre à

plâtre et l'abaissement de marnes. La présence du calcaire marin dans la plaine qui sépare Champigny de Saint-Maur, donne un moyen certain de juger cet amincissement du terrain de pierre à plâtre. Le calcaire marin est exploité dans cette plaine par plusieurs carrières à puits, dont la profondeur varie de 32 à 36 pieds, suivant l'épaisseur du terrain diluvien, qui recouvre le fond de la vallée de la Seine et de la Marne, et s'élève à une certaine hauteur sur la pente des coteaux qui bordent ces deux courans d'eau. Ce diluvium cache souvent le contact des marnes et du calcaire siliceux; cependant il est à découvert dans quelques points, comme aux environs de Brie-sur-Marne, et surtout près du moulin qui est situé à un quart de lieue au-dessus du village. Ce contact s'observe également dans un puits qui a été creusé pour l'alimentation de la maison des fours à chaux de Champigny. Ce puits, profond de 120 pieds, traverse d'abord le calcaire siliceux, les marnes du gypse sur 10 à 12 pieds de puissance, et arrive jusqu'au contact du calcaire grossier où est la nappe d'eau. Je vais décrire cette coupe dans laquelle le calcaire siliceux est très développé. Cette formation ayant une grande uniformité dans tout le plateau de la Brie, cet exemple en donnera une idée assez exacte.

Les couches qui reposent immédiatement sur

Calcaire
siliceux
de
Champigny.

les marnes gypseuses, sont composées de marnes feuilletées blanches, assez solides et semblables à celles qui contiennent la magnésite. Il existe dans ces marnes une très grande quantité de silex, formant des masses plus ou moins irrégulières, et des plaquettes ou petites couches d'un pouce à un pouce et demi de puissance. Ces silex assez fortement colorés en gris, ne se fondent pas dans la pâte, et par suite ne donnent pas naissance à de véritables calcaires siliceux. La surface des silex est recouverte d'une petite couche blanchâtre, terreuse, en grande partie siliceuse, quelquefois cependant magnésienne. Ces marnes sont riches en fossiles. Ce sont principalement des lymnées fort allongées (*Ly. longiscata*, Brong.), quelques planorbes et des paludines (*Pal. lævigata*, Desh.). Ces fossiles ont conservé leur têt, mais il est terreux et friable. On trouve en outre dans ces marnes une assez grande quantité d'empreintes de végétaux allongés, appartenant à des feuilles de monocotylédons, probablement des graminées désignées par M. Adolphe Brongniart sous le nom de *poacites*. Les marnes n'ont pas une grande puissance près du moulin de Petit-Brie, où elles sont exploitées pour recueillir les silex; elles peuvent avoir 30 pieds d'épaisseur.

Au-dessus de ces marnes le calcaire devient compacte, mais d'une manière irrégulière et par

parties plus ou moins larges. Tantôt il est d'un gris jaunâtre clair comme le calcaire lithographique ; il présente alors une cassure esquilleuse ; tantôt il est d'un gris blanchâtre , et sa dureté est beaucoup moins grande. La silice s'y trouve aussi disséminée de deux manières assez différentes, et en rapport avec la différence dans la nature du calcaire. Ainsi le calcaire jaune esquilleux est pénétré de nombreuses veines de quartz agate, bleuâtre ou rougeâtre, et de cavités tapissées de petits mamelons de la même substance. Ces veines et ces cavités se ramifient dans tous les sens, ainsi qu'on le voit aux fours à chaux de Champigny. Le calcaire lui-même est pénétré de silice, circonstance qui lui donne des qualités hydrauliques supérieures. Dans le calcaire blanc un peu terreux, la silice n'affecte plus des caractères de concrétions aussi prononcés ; elle forme des silex blonds qui se fondent dans la pâte et s'en détachent difficilement. De telle sorte qu'au contact des silex, et sur une étendue plus ou moins considérable, la roche est à la fois calcaire et siliceuse, comme cela est habituel dans le fire-stone des Anglais, qui appartient au grès vert. Ce dernier calcaire contient une très grande quantité de petites paludines, souvent transformées à l'état siliceux, d'autrefois ayant encore leur têt, ainsi que nous l'avons observé à Villiers entre Petit-Brie et Champigny.

On y trouve aussi quelques lymnées, mais ces fossiles, très abondans dans les marnes inférieures, sont rares dans cette partie supérieure de la formation. Dans quelques points de cette côte, et notamment près de Chenevières, le calcaire siliceux est caverneux. Des échantillons isolés sont analogues à la pierre meulière de La Ferté, et indiquent déjà le passage de ces deux roches.

La côte de Casnetin près de Lagny, et celle de Quincy dans les environs de Meaux, nous offrent encore la même superposition.

A Quincy la pierre à plâtre est exploitée par des puits dont la profondeur varie suivant leur position. Les puits placés sur le plateau même ont jusqu'à 160 pieds de profondeur; ils traversent le calcaire siliceux sur une épaisseur d'environ 30 pieds. La solidité de cette roche qui ne s'effleurit pas à l'air, fait que souvent les propriétaires de carrières ne maçonnent pas la partie supérieure des puits, et l'on peut voir distinctement le contact du calcaire et des marnes gypseuses supérieures; c'est en visitant ces carrières que j'ai reconnu pour la première fois la position relative du calcaire siliceux et de la pierre à plâtre, position que j'ai vérifiée dans un grand nombre d'exploitations. A Quincy la pierre à plâtre est très développée, elle forme deux masses; la supérieure, qui peut avoir 30 pieds de puissance, est séparée de l'inférieure.

par 10 à 12 pieds de marnes schisteuses. Cette dernière masse n'a pas au delà de 12 pieds d'épaisseur; cependant elle est exclusivement exploitée; ce qui tient à ce qu'elle présente beaucoup de solidité, tandis que la masse supérieure, traversée de fissures dans différens sens, est très ébouleuse.

Les différens exemples que je viens de citer montrent d'une manière positive la superposition du calcaire siliceux sur le gypse; je puis maintenant donner des preuves de son infériorité au grès marin supérieur; de sorte que sa position géologique sera alors clairement établie; le grès marin n'existe que dans quelques points isolés de la Brie: pendant long-temps j'ai même douté de son existence, ce qui m'a fait supposer que le calcaire siliceux était contemporain des sillex meulières supérieurs; le premier point où cette superposition importante a été reconnue est la colline de Pantin; cette découverte est due à M. Élie de Beaumont, qui l'a reconnue dans une course géologique qu'il fit, il y a plusieurs années, avec MM. les élèves des mines. Dans les tranchées ouvertes pour la construction des fortifications de Paris, on trouve au-dessus des marnes vertes, et au-dessous de la couche à huîtres qui appartient encore à la formation de pierre à plâtre, une couche de calcaire siliceux d'environ deux

Superposition
du grès marin
supérieur
sur le calcaire
siliceux.

mètres de puissance. Ce calcaire est blanc et terreux; il contient de nombreux silex noirs, qui se détachent complètement du calcaire comme dans la craie; le calcaire et les silex contiennent l'un et l'autre des lymnées et des planorbes. Le grès marin supérieur recouvre les différentes couches, de sorte que la position de ce calcaire siliceux est incontestable; ce fait isolé ne serait peut-être pas suffisant pour en conclure l'âge du calcaire siliceux de la Brie, mais il a mis sur la voie, et bientôt j'ai constaté la même superposition au centre même de ce pays. L'observation faite à Pantin, combinée avec la présence de marnes d'eau douce à silex blonds de Saint-Ouen, lesquelles sont inférieures à la pierre à plâtre de Montmartre, conduirait en outre à penser que le gypse est intercalé au milieu de ce calcaire; la grande différence dans l'épaisseur de cette assise, qui présente quelquefois deux masses également puissantes, et qui souvent n'est représentée que par quelques pieds de marnes vertes, semble confirmer cette opinion; le gypse pourrait être considéré comme formant de vastes rognons au milieu du calcaire siliceux, et allongés dans le sens des couches. Il ferait alors partie du calcaire siliceux; néanmoins toute la masse de cette formation serait supérieure au gypse, ainsi que je viens de le démontrer pour le calcaire de la Brie.

Les points principaux où l'on observe la superposition de grès marin supérieur sur le calcaire siliceux, sont la montée de Mont-Lhéry, où le grès repose sur le calcaire siliceux qui est dans toute sa puissance, la forêt de Gros-Bois, la butte des Griffons, près de Villeneuve-Saint-Georges, et les environs de La Ferté-sous-Jouarre. Je parlerai de cette dernière localité en traitant la question qui se rapporte aux meulières.

Dans la forêt de Gros-Bois (*fig. 1*), la formation marine supérieure est peu épaisse. Elle est composée d'argile ocreuse, maculée de parties vertes, et mélangée d'une grande partie de sables et de galets. Elle contient en outre des blocs plus ou moins considérables, analogues à celui que l'on trouve à la montée de Meudon. Cette manière d'être de la formation supérieure est celle qu'elle affecte habituellement en Normandie, où elle paraît s'être déposée sous une petite épaisseur d'eau : tout le sol de la forêt de Gros-Bois est composé de la même manière ; mais, sur ses lisières, on voit le calcaire siliceux sortir de tous côtés ; de plus sa surface est recouverte en beaucoup de points de blocs de grès analogues à ceux qui sont disséminés dans l'argile ; ces blocs ne sont peut-être que les restes de cette formation supérieure qui aurait été dénudée par la même cause qui a déposé le diluvium si puissant dans la vallée de la Seine.

Grès marin
de la forêt
de Gros-Bois.

Butte
des Griffons.

A la butte des Griffons, la formation de grès marin est très développée; elle a environ vingt mètres de profondeur. Elle affecte les caractères habituels au grès de Fontainebleau; elle se compose de grès siliceux sans adhérence, coloré par de l'oxide de fer avec des parties plus ou moins solides: cette butte s'élève comme un vaste tumulus au-dessus de la plaine composée de calcaire siliceux; de sorte qu'on voit sur toute sa circonférence la superposition du grès sur le calcaire siliceux: la descente vers Villeneuve-Saint-Georges présente des coupes dans lesquelles le calcaire est mis à nu sur 40 mètres de puissance; ces coupes sont d'autant plus intéressantes, que les marnes du gypse ressortent sur les bords de la Seine; on y trouve des boules de strontiane sulfatée, qui confirment la présence de la formation gypseuse. Si maintenant on examine sur une carte les différents points que je viens de citer, et dont la coupe *fig. 2* représente seulement une tranche, on remarquera que le calcaire siliceux forme une vaste nappe qui a recouvert la formation gypseuse sur toute son étendue. Sur sa surface s'élèvent de distance en distance des buttes sablonneuses, qui sont autant de témoins de la formation supérieure qui ont été respectés par la dénudation.

Caractères
des pierres
meulières.

Position des pierres meulières. Dans un grand nombre de points du pays dont le sol est formé de

calcaire siliceux, on trouve du silex carié, entièrement analogue à la pierre meulière. Mais cette roche ne forme ordinairement que des masses peu puissantes qui ne peuvent être employées à la fabrication des meules. Une autre circonstance qui la rend impropre à cet usage, c'est son mélange avec le calcaire siliceux, mélange tellement intime qu'il existe souvent une dégradation insensible entre le calcaire compacte et le silex pur. Mais dans le plus grand nombre de localités, ces deux roches sont réunies par plaques plus ou moins grandes, de sorte que les blocs que l'on extrait présentent des parties tendres, unies et compactes, composées de calcaire et d'autres dures et cariées, entièrement siliceuses. Dans quelques points, notamment à La Ferté-sous-Jouarre et aux environs de Montmirail, le silex carié devient tellement dominant qu'on n'aperçoit pas à la première inspection sa relation avec le calcaire siliceux : l'analogie que cette roche présente au contraire avec les meulières supérieures, les ont fait confondre sous le même nom, et comme appartenant à la même formation. Cependant le mélange de calcaire que nous venons d'indiquer existe même dans les pierres les plus parfaites, et quelquefois même le calcaire contient des fossiles, de sorte que l'identité de formation entre le calcaire siliceux et le silex meulière, ne peut souffrir de

doute. Mais en outre on trouve des pierres meulières recouvertes par le sable marin supérieur, et même dans quelques points, comme au tertre de Flagny (fig. 6), situé à moitié chemin de La Ferté à Montmirail, les meulières supérieures existent au-dessus de ce sable marin; cette superposition confirme d'une manière positive les conclusions qui résultent du passage de la pierre meulière et du calcaire siliceux. Je vais entrer dans quelques détails sur cette position relative des meulières.

Position
des pierres
meulières :

La Ferté.

Environs de La Ferté. Cette ville est entourée de collines, dont la base est formée par les assises les plus anciennes du terrain de Paris (fig. 4).

1° Les sables inférieurs du calcaire grossier affleurent sur tout leur pourtour; on les voit particulièrement dans le sentier qui descend du hameau des Bondons à La Ferté. Quelques couches minces de calcaire grossier surmontent ces sables, lesquels sont entièrement siliceux et contiennent une très grande quantité de coquilles, ayant toutes leur têt. Des couches argilo-sablonneuses appartenant encore au calcaire grossier recouvrent ce dernier; elles renferment comme les sables inférieurs une quantité prodigieuse de coquilles, presque toutes bien conservées. Les eaux, en dégradant ces sables, entraînent les coquilles, de telle sorte qu'après une pluie abondante on peut en recueillir en

abondance dans toutes les rigoles qui sillonnent la partie inférieure de la colline.

2° Une série de couches assez puissantes de calcaire d'eau douce se montre un peu plus haut. Le calcaire, d'abord très argileux, contient quelques silex qui deviennent plus nombreux à mesure qu'on monte le sentier. On y rencontre quelques fossiles, et j'y ai trouvé notamment deux espèces de lymnées dont l'une est la *L. longiscata*, des paludines et des planorbes; les lymnées sont de beaucoup les plus abondantes. Bientôt on trouve quelques meulrières, mais on ne remarque nulle part le sable marin qui devrait marquer la séparation du calcaire d'eau douce et de la meulière, si cette dernière roche appartenait à l'étage supérieur du terrain de Paris. Le sol est ensuite tellement couvert jusqu'aux bois qui couronnent le coteau, qu'il est impossible d'observer aucune superposition; l'exploitation des nombreuses carrières qui existent dans ces bois, et notamment celles de Tarterel, nous montre en partie ce que la culture empêche de voir. Cette exploitation a lieu à ciel ouvert.

3° Pour arriver à la pierre meulière on est obligé de traverser une masse de sable, dont l'épaisseur varie avec la forme du terrain, mais qui possède dans quelques carrières jusqu'à 16 mètres de puissance. Ce sable, en général légèrement

ferrugineux et mince, ne présente aucune trace de coquilles; cette circonstance le distingue du sable du calcaire grossier dans lequel les fossiles sont répandus avec une grande profusion. Audessous de ces sables on rencontre presque toujours un lit d'argile très mince, désignée dans le pays sous le nom de *Pyrois*, dont la présence annonce celle de la pierre meulière. Cette roche est en blocs irréguliers, présentant cependant dans leur ensemble une certaine continuité, qui permet de regarder les meulières comme formant un ou plusieurs bancs. Le nombre et la puissance de ces bancs varient presque de toise en toise : dans plusieurs carrières les blocs n'ont pas plus de deux meules d'épaisseur (28 à 30 pouces). Dans les carrières de Tarterel on connaît cinq bancs séparés par de petits lits d'argile, et leur ensemble fournit quelquefois une épaisseur de quinze meules. La discontinuité des blocs des meulières a souvent permis aux sables supérieurs de s'introduire entre les masses que l'on exploite. La pierre meulière paraît alors se trouver au milieu du sable, ainsi que l'indique la coupe *fig. 4*. Cette disposition a fait croire que cette roche était contemporaine du sable, et qu'elle appartenait à l'étage supérieur des terrains tertiaires. S'il en était réellement ainsi, il faudrait que le sable se prolongeât au-dessous de la meulière, et qu'il y

eût une séparation tranchée entre celle-ci et le calcaire siliceux, comme cela existe dans la Beauce et dans la forêt de Fontainebleau, où l'on voit du calcaire d'eau douce, souvent mélangé d'une grande quantité de silex, reposer sur le grès marin. Mais au contraire toutes les circonstances sont d'accord pour isoler les sables et les meulières, et pour montrer qu'il existe un passage entre cette dernière roche et le calcaire siliceux. Je rappellerai que ce passage est si fréquent que beaucoup de meules présentent des parties calcaires qui en détériorent la qualité.

La superposition des sables sur la meulière se retrouve dans beaucoup de points; je l'ai observé, mais d'une manière plus nette, à Jouarre, à la côte de Flagny, située à moitié chemin de La Ferté et de Vieux-Maisons, aux carrières de la Villeneuve, près Montmirail, ainsi qu'à celles de Margny dans le même centre d'exploitation. Dans toutes ces localités, les circonstances géologiques sont exactement les mêmes; les décrire serait faire des répétitions inutiles. Je donnerai seulement quelques détails sur la côte de Flagny, attendu qu'elle présente, ainsi que je l'ai annoncé, les meulières supérieures, c'est-à-dire celles employées généralement dans les constructions, et les meulières inférieures, séparées par le sable marin.

Position
géologique
de la meulière
à la côte
de Flagny.

Pour montrer l'ensemble des formations, je supposerai une coupe faite à peu près du nord au sud (*fig. 3*), passant par Sablonnières, village situé dans le fond de la vallée du Morin, par Hondervilliers, placé à mi-côte, et arrivant au tertre de Flagny.

1° Le grès siliceux que j'ai signalé à La Ferté forme le fond de la vallée du Morin, et si on suit cette rivière jusqu'au point où elle se jette dans la Marne, on marche constamment sur les mêmes sables. Il en résulte nécessairement que la base des collines de tout ce pays est formée exactement des mêmes couches : au village de Sablonnières, les couches sableuses sont mises au jour sur une hauteur de 20 à 25 pieds. Elles contiennent une très grande quantité de fossiles, la plupart turritelles, parmi lesquels j'ai recueilli le *cerithium giganteum*. Dans la partie supérieure de ce sable existent quelques couches minces de calcaire grossier, et le sable qui les recouvre est en partie calcaire.

2° Le calcaire siliceux recouvre bientôt le système de couches qui dépendent du calcaire grossier; cette première formation est fort puissante. Toute la première pente de la vallée est sur ce calcaire; les premières couches de cette formation sont à la fois marneuses et schisteuses; elles se délitent facilement à l'air et ne contien-

nent que quelques rognons isolés de silex noir qui se ramifient irrégulièrement : ces marnes sont assez riches en fossiles, principalement en lymnées (*L. longiscata*, etc.); on y trouve aussi des planorbes; mais les recherches les plus minutieuses n'ont pu m'y faire découvrir de gyrogonites. Arrivé à la hauteur d'Hondervilliers, le calcaire devient compacte et très siliceux; bientôt toute la surface du pays est recouverte de fragments de meulières enlevés par la charrue ou de débris qui proviennent des exploitations ouvertes sur plusieurs points de cette plaine. A Hondervilliers, la meulière n'est point mélangée de sable comme à Tarterel, elle est seulement associée à des argiles ocreuses, au milieu desquelles se trouvent çà et là des blocs plus ou moins considérables susceptibles d'exploitation.

3° En continuant à remonter le petit ruisseau qui passe près d'Hondervilliers, on aperçoit bientôt le tertre de Flagny qui domine le pays. Il forme un mamelon isolé, reposant immédiatement sur le calcaire siliceux qui ressort de tous côtés. Ce mamelon, entièrement indépendant du reste du terrain, paraît comme le dernier massif d'une formation qui aurait couvert la contrée, lorsque les terrains tertiaires se sont déposés.

La pente de cette colline, sans être brusque, est beaucoup plus rapide que celle du terrain que

nous venons de parcourir; la nature de son sol est également très différente; il est composé d'un sable jaunâtre, ferrugineux, argileux et micacé dans quelques parties. Au milieu de ce sable, et principalement à sa partie supérieure, on trouve des blocs plus ou moins considérables d'une meulière rougeâtre, très caverneuse, dans laquelle il existe une grande quantité de lymnées et de gyrogonites à l'état de moules siliceux. Les gyrogonites y sont disséminées avec une grande abondance, tandis que ces fossiles n'existent point dans le calcaire siliceux.

La position géologique et la nature des fossiles sont par conséquent d'accord pour distinguer les meulières supérieures des pierres meulières du calcaire siliceux; en effet, une fois qu'on s'est élevé au-dessus des couches sableuses du calcaire grossier, on ne retrouve plus de sable jusqu'à la côte de Flagny; cependant on marche pendant plus de deux lieues sur la pierre meulière; si cette roche appartenait à l'étage supérieur des terrains tertiaires, le sable devrait se montrer au jour à chaque pas, tandis qu'on ne le trouve qu'au tertre de Flagny, où sa séparation avec le calcaire siliceux est très tranchée.

Entre La Ferté et Rheims, il existe plusieurs autres buttes de sable marin supérieur placées

également sur la surface du calcaire siliceux : quelques-unes d'entre elles contiennent des parties solides exploitées pour le pavage, circonstance qui établit une identité parfaite avec le grès de Fontainebleau.

Ces différentes buttes, à peu près de la même hauteur, se correspondent exactement ; elles établissent par conséquent d'une manière certaine que le sable marin a formé à une certaine époque un vaste manteau qui a recouvert le calcaire siliceux de la Brie.

A la Cour-de-France, sur la route, les meulères supérieures et les meulères de calcaires siliceux existent réunies dans les mêmes escarpemens et elles y sont séparées, comme à la côte de Flagny, par le grès marin supérieur ; la coupe (*fig. 5*), qui m'a été communiquée par M. Huot, montre cette disposition de la manière la plus positive.

Le long des bords de la route, on voit profiler le calcaire siliceux sur une épaisseur d'environ 10 mètres. Assez pur à sa partie inférieure, il présente bientôt de nombreux rognons de silex, et cette formation est terminée par environ 1 mètre d'un silex carié, mélangé de calcaire entièrement analogue à la pierre de la Ferté : des sables sans adhérence, légèrement micacés, recouvrent le

calcaire siliceux et forment une assise de 6 à 7 mètres de puissance. Une couche d'huîtres associée à ces sables indique leur âge et leur nature; ils correspondent au grès de Fontainebleau et représentent la formation marine supérieure.

Enfin le sommet du plateau est recouvert par une petite couche de meulières coquillières, contenant des lymnées à l'état siliceux et une grande quantité de gyrogonites.

Conclusion.

Les détails que je viens de donner sur le calcaire siliceux, et que j'aurais pu multiplier beaucoup, les mêmes superpositions se voyant dans un grand nombre de localités, me conduisent à conclure que la formation connue sous le nom de calcaire siliceux, et dont le calcaire de Champigny a été décrit comme un des types, est supérieure à la pierre à plâtre de Paris; qu'elle est inférieure au grès marin de Fontainebleau. Elle appartient encore à l'étage inférieur des terrains de Paris.

La pierre meulière de La Ferté, de Montmirail, et en général des différens dépôts de silex cariés exploités pour la fabrication des meules sur le plateau de la Brie, appartient au calcaire siliceux et n'est qu'un accident dans cette formation.

La position du calcaire siliceux de Champigny

est absolue. Néanmoins il ne serait pas exact d'en conclure que toute la formation des calcaires siliceux de la Brie est plus moderne que celle de la pierre à plâtre. L'exemple de Saint-Ouen, où l'on voit la partie supérieure du calcaire grossier passer à l'état de calcaire siliceux me porte à croire, comme MM. Cuvier et Brongniart l'ont indiqué dans la description géologique du bassin de Paris, qu'une partie du calcaire siliceux de la Brie est parallèle aux silex de Saint-Ouen. Dans ce cas, la pierre à plâtre, au lieu d'être une assise distincte et de former des couches continues, serait, pour ainsi dire, accidentelle; elle constituerait de vastes amas enclavés dans le calcaire siliceux qu'elle partagerait en deux parties. Cette supposition établirait une liaison entre des couches inférieures au grand dépôt gypseux de Paris et des couches qui lui sont supérieures. En admettant que le grès marin supérieur forme une ligne de séparation tranchée entre les différentes assises dont se composent les terrains tertiaires de Paris, les assises qui constituent le groupe inférieur pourraient être regardées comme parallèles et se remplacer mutuellement, quelle que soit la nature des fossiles qui s'y rencontrent. La superposition directe que l'on observe à Montereau du calcaire siliceux sur l'argile plastique et le passage que présentent ces deux formations sont d'accord avec cette idée.

Dans cette dernière localité, non-seulement le calcaire siliceux remplacerait le plâtre, mais il représenterait en outre le calcaire grossier.

TABLE DES MATIÈRES

Contenues dans le III^e volume.

	Page.
<i>MÉMOIRE sur les terrains tertiaires du bassin du midi de la France; par M. DUFFÉNOY.</i>	1
Différence entre les terrains tertiaires du Midi et ceux de Paris.	3
Les terrains tertiaires forment deux bassins distincts . .	5
Division des terrains tertiaires en trois étages.	7
Sujet de ce mémoire.	8
Forme du bassin tertiaire du Midi	<i>id.</i>
Vallée de la Garonne; elle est ouverte dans une faille. .	10
I. DES TERRAINS TERtiaIRES INFÉRIEURS	11
Calcaire grossier de Blaye.	14
Fossiles du calcaire grossier des escarpemens de la rive droite de la Gironde, entre Blaye et Plassac, et de sa rive gauche, depuis Pauillac jusqu'à la mer. — <i>Noms des espèces.</i>	18
Environs de Saint-Emilion.	20
Couches d'argile dans le calcaire grossier.	24
Rive gauche de la Garonne.	27
Fossiles du calcaire grossier de Saint-Macaire, Langon et Virelade.	28
Calcaire d'eau douce sur le calcaire grossier près de la Réole.	31
Sable de Terre-Nègre correspondant au calcaire grossier.	35
Liste des fossiles reconnus à Terre-Nègre, sous l'hôpital Richelieu et sous le jardin botanique, etc.	37

	Pages.
Calcaire grossier dans les Landes.	38
A Saint-Justin.	39
Calcaire grossier des environs de Dax.	40
Fossiles des carrières de Garau, près Dax.	41
Résumé sur la position du calcaire grossier du Midi. . .	43
 II. DES TERRAINS TERTIAIRES MOYENS.	 45
Composition de l'étage moyen des terrains tertiaires. .	46
Distribution des différentes assises.	47
Position relative de ces différentes assises.	48
Environs d'Agen.	50
Calcaire siliceux de Beaumont.	51
Rognons de silex.	54
Pierres meulières.	55
Gypse dans le calcaire d'eau douce.	56
Calcaire de Castres avec nodules concrétionnés	57
— d'eau douce intercalé dans la molasse.	60
Rognons de calcaire dans la molasse.	62
Environs de Pau	66
Différence entre les terrains d'alluvion et les terrains ter- tiaires.	71
Molasse sablonneuse de la Saintonge.	73
Argiles et lignites.	74
Grès et calcaire siliceux dans les sables de la molasse. .	76
Empreintes végétales dans le grès de Bergerac.	id.
Ossements de paléothériums, etc., dans la molasse . . .	78
Id. dans le calcaire d'eau douce.	79
Soufre dans le calcaire d'eau douce.	82
Comparaison du gisement de la pierre à plâtre à Aix et à Sijan	85
Position des lignites dans le terrain d'eau douce.	86
Lignite de Saint-Chinian.	88
Mine de la Caunette.	90
Fossiles d'eau douce abondans.	91
Calcaire d'eau douce très-compacte.	93

Poudingue calcaire dans le terrain d'eau douce.	94
Brèche du Toulonnet.	<i>id.</i>
Calcaire compacte du défilé du Mont-Carmel.	95
<i>De la mollasse coquillière</i>	99
Caractères de la mollasse coquillière	100
Poudingue de mollasse dans la mollasse même.	102
Superposition de la mollasse sur le calcaire d'eau douce.	104
— de la mollasse sur le calcaire d'eau douce à Som-	
mières.	107
Mollasse coquillière de Sommières.	108
Coquilles marines mélangées dans le calcaire d'eau douce	
de Saint-Paul et	111
Passage des faluns des Landes à la mollasse coquillière. .	115
Faluns de Saucats.	116
FOSSILES DES FALUNS (qu'on pourrait nommer <i>Landais</i>) de	
Mérignac, Saucats, Léognan, Martillac, la Brède,	
Saint-Médard-en-Jalles, Gradignan et Salles.	118
Sables et argiles avec minéral de fer.	124
Minéral de fer aux environs d'Angoulême.	126
§ III. DES TERRAINS TERTIAIRES SUPÉRIEURS.	128
Preuves de la séparation du troisième étage tertiaire. . .	129
Composition des terrains tertiaires supérieurs.	132
Position géographique des terrains tertiaires supérieurs.	133
Sables supérieurs des Landes.	134
Superposition discordante des terrains tertiaires moyens	
et supérieurs près Gondrain.	135
Environs de la Tour-du-Pin.	137
Sables supérieurs de Montpellier.	139
Calcaire d'eau douce supérieure.	140
à Saucats.	141
Sables marins des environs de Perpignan.	143
Noms des fossiles des dépôts de Millas, Trouillas et Ba-	
gnols-des-Aspres.	145
Résumé.	146

	Page.
OBSERVATIONS sur l'étendue du système tertiaire inférieur dans le nord de la France et sur les dépôts de lignite qui s'y trouvent; par M. L-ELIE DE BEAUMONT	153
Acception trop étroite qu'on donne ordinairement au mot <i>bassin</i> de Paris.	<i>id.</i>
Division des terrains tertiaires en trois étages.	<i>id.</i>
Tertres qui indiquent la prolongation primitive des assises tertiaires inférieures vers le nord.	155
Composition de ces tertres	156
Grès blancs à coquilles.	<i>id.</i>
Ne forme que des amas.	157
Sablé chlorité près St.-Quentin, etc.	158
Grès des environs de Cambrai, d'Arras, de Douai, de Condé, etc.	159
Lambeaux tertiaires qui s'étendent sur la surface des terrains carbonifères et de transition.	160
Minerais de fer disséminés sur la surface des Ardennes.	161
Poudingue ferrugineux de Revin.	<i>id.</i>
Epoque de l'ouverture de la vallée de fracture de la Meuse.	161
Tertre de Cassel (Nord).	162
Sa composition.	<i>id.</i>
Fossiles qui s'y trouvent.	163
Identité des sables coquilliers de Cassel, de Laon et de Chaumont.	164
Ancienne étendue du terrain tertiaire inférieur	<i>id.</i>
Forme du bassin dans lequel il s'est déposé.	<i>id.</i>
Rivières qui s'y jetaient.	165
Lignites qu'elles y ont transportés	<i>id.</i>
Sables qu'elles y ont entraînés	<i>id.</i>
Structure générale des environs de Saint-Quentin.	166
Sablière de Holnon.	168
Coupe du plateau des bois de Vermand.	170
Environs de Compiègne.	172

	Pages.
Relèvement de la crâie à la côte de Marigny, à Beaumont et à Chambly; alignement de ces trois points.	173
Tertres de Séchelles et de Sorel.	<i>id.</i>
Sablière près de Conchy-les-Pots.	174
Exploitation d'argile près de Conchy-les-Pots.	175
Coquilles qui s'y trouvent.	176
Analogie de ces couches avec celles de Newhaven (en Sussex).	<i>id.</i>
Avec celles du puits de Marly près Paris.	178
Induction contraire de MM. Prévost et Deshayes. . . .	180
Argumens tirés des caractères purement géognostiques.	181
Disposition des assises tertiaires inférieures depuis Gisors jusqu'à Epernay.	182
Observations sur les environs de Rheims et d'Epernay.	183
Passage latéral qui s'y opère entre le calcaire grossier et le calcaire siliceux.	184
Côte de Monchenot.	186
Vallon de Courtagnon.	<i>id.</i>
Descente du plateau de St.-Imoges à la Marne	187

SUR QUELQUES POINTS de la question des CRATÈRES DE SOULÈVEMENT; réponse à différentes objections élevées contre l'hypothèse du soulèvement du CANTAL. (Mémoire lu à la Société géologique de France, le 17 février 1834), par M. L.-ELIE DE BEAUMONT	193
---	------------

Objections successivement élevées contre l'application de l'hypothèse du soulèvement à telle ou telle aspérité de l'écorce terrestre.	<i>id.</i>
Objections relatives à la théorie des cratères de soulèvement, et à son application au Cantal, au Mont-Dore et au Mezenc.	194
Ces objections s'appliquent plus spécialement au Cantal.	<i>id.</i>
Elles portent sur trois points principaux.	195

Importance qu'on a attachée à trouver sur les flancs de l'Etna des coulées d'une compacité presque basaltique.	196
Ce fait prouve cependant le contraire de ce qu'on a voulu en conclure.	<i>id.</i>
Forme de la coulée de 1669 et des coulées en général.	197
Inclinaison variable des pentes de l'Etna.	198
Elle doit influer sur la texture des coulées de lave. . .	199
Différence des idées exprimées par le mot <i>lave</i> et le mot <i>basalte</i>	200
Structure tourmentée des coulées de lave.	<i>id.</i>
Uniformité des basaltes.	203
Exceptions, coulée basaltique du Cruchet-du-Bois-du-Mas.	205
La distinction des laves et des basaltes ne peut être faite d'après des échantillons, mais seulement sur place, d'après l'ensemble.	206
Oppositions des caractères que présentent les surfaces de l'Etna et du Cantal considérées de cette manière, <i>le Cantal ne peut être qu'un cône de soulèvement</i>	207
Secteurs du Cantal supposés rabattus dans le plan du plateau de l'Auvergne.	209
Secteurs de l'Etna supposés rabattus dans le plan de sa base.	210
Comparaison des résultats de ces deux constructions; différences qu'elles font ressortir dans l'origine des deux montagnes.	211
L'une est un cône d'éruption et l'autre un cône de soulèvement.	212
Uniformité des caractères de tous les basaltes de la France centrale, quelle que soit leur position actuelle. . . .	213
Tous doivent s'être solidifiés dans une position peu éloignée de l'horizontale.	<i>id.</i>
Opposition de caractères entre les basaltes et les coulées modernes, ou <i>chèires</i> de l'Auvergne.	214
Pentes d'un certain nombre des coulées modernes de l'Auvergne.	215

La comparaison des assises basaltiques et des <i>cheires</i> modernes de l'Auvergne fournit une nouvelle démonstration du soulèvement du Cantal.	219
<u>Petitesse des coulées modernes, même de l'Etna, comparées aux assises basaltiques du Cantal.</u>	221
<u>Discussion relative au lambeau basaltique de Prudelle. .</u>	224
<u>Grande fluidité des basaltes lors de leur épanchement.</u>	230
<u>Différences qui paraissent avoir existé entre le mode d'émission des basaltes et celui des laves modernes. .</u>	231
<u>Difficulté d'établir une ligne de démarcation entre les basaltes et les trapps.</u>	233
<u>Trapps de la Nouvelle-Ecosse.</u>	235
<u>Grandeur de la masse qu'ils constituent.</u>	238
Combien le phénomène de leur émission doit avoir différé des éruptions volcaniques modernes.	239
Dans la série des roches trapéennes les basaltes du Cantal s'éloignent déjà sensiblement des basaltes les plus récents.	240
Disposition de l'ensemble des masses trachytiques, basaltiques et trapéennes répandues sur la surface du globe.	<i>id.</i>
<u>Disposition sporadique des lambeaux basaltiques. . .</u>	241
<u>Deux catégories de masses basaltiques et trapéennes . .</u>	243
<u>1° En dykes ou culots.</u>	<i>id.</i>
<u>2° En grandes nappes.</u>	<i>id.</i>
Les trapps et basaltes, ou grandes nappes, qui ne présentent pas de traces de déchirement, se trouvent toujours à de faibles hauteurs.	<i>id.</i>
Formes tuberculeuses des masses de phonolites, de domites et même d'un grand nombre de masses trachytiques.	244
<u>Trachytes de la Hongrie.</u>	<i>id.</i>
<u>Différences qui paraissent avoir existé entre les modes d'émission de ces roches et les éruptions volcaniques actuelles.</u>	246
Les substances gazeuses jouaient probablement un rôle	

	Pages.
moins considérable dans les éruptions basaltiques que dans les éruptions actuelles.	146
Comment cette supposition explique la différence de forme des masses basaltiques et des volcans modernes.	147
Les basaltes ne se sont généralement épanchés en grandes nappes que dans des contrées peu élevées.	148
Les laves actuelles ne s'élèvent elles-mêmes que jusqu'à une certaine hauteur.	<i>id.</i>
Absence des laves dans les grands volcans de Quito.	<i>id.</i>
Les basaltes pénétrés de moins de gaz se refroidissaient moins vite et coulaient plus facilement.	149
Ils n'avaient que peu de tendance à former des montagnes coniques.	<i>id.</i>
Les masses qui s'élèvent obliquement sur les flancs des cônes de soulèvement ne sont pas moins anormales par l'effet de la hauteur qu'elles atteignent que par celui de leur inclinaison.	151
Uniformité de manière d'être à laquelle toutes les nappes basaltiques seraient ramenées si on supposait que les masses obliques fussent rabattues horizontalement.	151
Coquilles marines dans les couches interbasaltiques de la Grande-Canarie.	154
Ces coquilles prouvent à la fois le soulèvement des basaltes de la Grande-Canarie, et l'identité de texture des basaltes qui se sont solidifiés à l'air libre et dans la mer.	155
Les soulèvements au moins aussi probables dans les contrées volcaniques que dans les autres.	156
Objection déduite de ce que, dans les massifs soulevés de l'Auvergne, l'épaisseur visible des matières volcaniques est plus grande près du centre que près des bords.	<i>id.</i>
Le sol de l'Auvergne a cessé de très bonne heure d'être plat et uni.	158

C'est dans les dépressions ou sur leurs bords, que les éruptions trachytiques et basaltiques ont dû avoir lieu.	159
Cette hypothèse se vérifie dans le bassin du Puy.	160
Comparaison entre les accumulations de matières volcaniques du Cantal, du Mont-Dore, du Mezenc et du bassin du Puy.	165
Une masse de déjections volcaniques, plus épaisses à son centre que vers ses bords, peut se former de deux manières.	166
Position sporadique des points où ont eu lieu des éruptions anciennes.	167
Lorsque des éruptions sporadiques ont eu lieu sur des surfaces à peu près horizontales, elles n'ont jamais produit des masses lenticulaires aussi renflées que celles de l'Auvergne.	168
Manière dont s'entassent dans une dépression les produits d'éruptions sporadiques.	170
L'augmentation des assises en nombre et en épaisseur, lorsqu'on approche du centre des massifs, montre que l'accumulation a eu lieu dans des dépressions.	171
Pourquoi les points où avaient eu lieu les accumulations de matières volcaniques ont cédé de préférence à une force soulevante.	183
Objections qu'on a essayé de déduire des lois géométriques auxquelles les fractures sont assujetties.	187
Cette objection ne s'adresse qu'à une comparaison mise en usage dans notre premier mémoire.	188
Il n'est pas dans l'essence du phénomène que les vallées de fracture qui partent de la circonférence se prolongent jusqu'au centre.	190
La dislocation à laquelle on a attribué l'origine des vallées, implique l'idée d'un soulèvement.	191
On ne peut attribuer en entier l'origine de ces vallées à la simple action érosive des eaux.	192
Crêtes étroites qui ferment à leur partie supérieure quelques-unes des vallées divergentes.	id.

	Pages.
<u>Les courans diluviens ne les auraient pas respectées. . .</u>	191
<u>Les causes actuellement agissantes n'ont pas à elles seules creusé des vallées</u>	193
<u>Les crêtes étroites qui ferment plusieurs vallées doivent leur première forme à des causes indépendantes de la marche du temps</u>	194
<u>L'existence des cascades prouve que les parois verticales des vallées sont aujourd'hui immuables.</u>	195
Énigme que présente, dans le Cantal comme ailleurs, la disposition des matières soustraites par dénudation.	196
Aspects alpins du Cantal et du Mont-Dore. Cet aspect dénote sans doute des phénomènes d'une grande violence.	197
Comparaison avec les montagnes de l'Oisans.	198
Indication, dans le Cantal, d'une ligne anticlinale semi-circulaire.	199
<u>Irrégularités de détail ; leur peu d'importance.</u>	300
<u>La question des cratères de soulèvement ne peut être résolue que par oui ou par non</u>	303
Ce que les cratères de soulèvement présentent de réellement problématique, c'est la petitesse des dérangemens de leurs assises.	id.
<u>Les fragmens désunis de la surface primitive du Cantal satisfont à la seule condition à laquelle elles soient assujetties</u>	304
<u>Problème d'écrasement qui reste à résoudre</u>	id.
<u>Peu de valeur des difficultés que pourrait faire naître, au premier abord, une solution analytique de ce problème</u>	306
<u>Ces difficultés ne prendraient un caractère sérieux qu'autant qu'elles pourraient s'appliquer aussi aux vallées d'élévation qui existent dans des montagnes couvertes de restes marins</u>	307
Les cratères de soulèvement sont devenus le dernier re-	

fuge des adversaires de l'hypothèse de la formation des montagnes par voie de soulèvement	308
Considérations de détails qui avaient été mises en avant à l'appui des trois objections principales réfutées ci-dessus	309
Le relèvement des calcaires d'eau douce, vers le centre du Cantal, se rattache à des phénomènes géologiques beaucoup plus étendus.	312
Comparaison des gisemens géographiques du Cantal, du Mont-Dore, du Mezenc, des Canaries, de Santorin, de l'Etna, etc.	313
Analogies entre la structure du Cantal et celle du massif d'anciennes déjections volcaniques qui sert de base à l'Etna	314

<i>MÉMOIRE sur la position géologique du terrain de calcaire siliceux de La Brie et des meulières des environs de La Ferté; par M. DUFRÉNOY, ingénieur en chef des mines ?</i>	321
--	-----

Caractères du calcaire siliceux.	322
Superposition du calcaire siliceux sur le gypse.	325
A Fontenay.	id.
A Nogent.	328
Calcaire siliceux de Champigny.	329
Superposition du grès marin supérieur sur le calcaire siliceux	333
Grès marin de la forêt de Grosbois.	335
Butte du Griffon	336
Position des pierres meulières de La Ferté.	338
Position géologique de la meulière à la côte de Flagny. .	341
Conclusion.	346

C4234

ERRATA.

Page 346, ligne 31, *au lieu de Saint-Chiniau, lisez Saint-Chinian.*

Id. ligne 32, *au lieu de la Cannette, lisez la Caunette.*

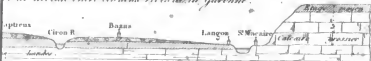
Garonne à la hauteur de Bordeaux.



de la rive droite de la vallée de la Gironne.



de niveau entre les deux rives de la Gironne.



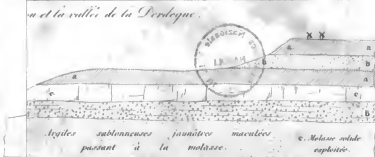
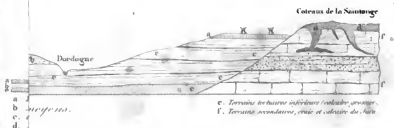
des couches de calcaire grossier à S. Macaire.



L'eau douce sur le calcaire grossier aux monts de Muret près la Rivière.







Eau douce dans la molasse aux environs de la Rivière.



Dans la calcaire d'eau douce près S. Chinian.

Handwritten mark resembling a stylized 'P' or '9'.

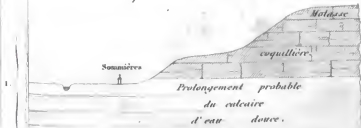
)



alluvions près Gendrin.



terrains tertiaires supérieurs à la Tour du Pin.



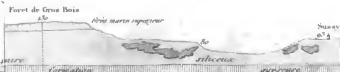
le calcaire d'eau douce près Sommières.



*terrains supérieurs aux terrains tertiaires moyens
à Infarnet près Aix.*



Fig.



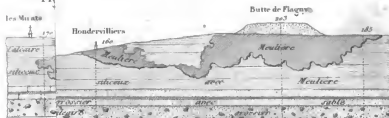
Leucure St. Georges et Gros Bois.

Fig.



Bois et à Petit Brie.

Fig.



Montmirail.

Fig.



Fig. 6.



Style la pierre Meulière par le Grès marin supérieur.
à la Butte de Flagny.



Dépôt meuble
Carbigny
Peronne
une
Craie
↑
fe

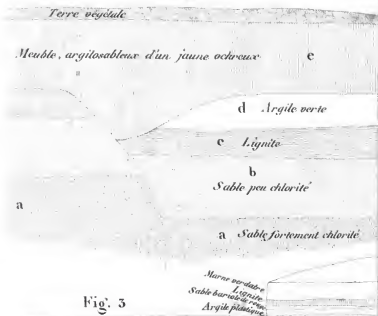


Fig. 3

Lit de rognons calcaires

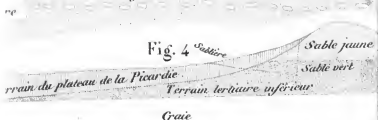


Fig. 4





